SKRIPSI – ME141501

REDESIGN JALUR SISTEM PERPIPAAN DARI *BOILER* MENUJU *STEAM TURBINE* AKIBAT *PRESSURE DROP* DAN *HEAT LOSS* DI PG. GEMPOLKREP MOJOKERTO

Denny Akbar Nurhadyansyah
NRP. 4214 105 010

Dosen Pembimbing
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Ir. H. Alam Baheramsyah, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

FINAL PROJECT – ME-141501

REDESIGN OF BOILER'S PIPING SYSTEMS TO THE STEAM TURBINE DUE TO PRESSURE DROP AND HEAT LOSS IN PG. GEMPOLKREP MOJOKERTO

Denny Akbar Nurhadyansyah
NRP. 4214 105 010

Advisor
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Ir. H. Alam Baheramsyah, M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

REDESIGN JALUR SISTEM PERPIPAAN DARI *BOILER* MENUJU *STEAM TURBINE* AKIBAT *PRESSURE DROP* DAN *HEAT LOSS* DI PG. GEMPOLKREP MOJOKERTO

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Fluid Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Denny Akbar Nurhadyansyah
NRP. 4214 105 010

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Hari Prastowo, M.Sc. ....
2. Ir. H. Alam Baheramsyah, M.Sc. ....

SURABAYA
JUNI, 2016

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

REDESIGN JALUR SISTEM PERPIPAAN DARI *BOILER* MENUJU *STEAM TURBINE* AKIBAT *PRESSURE DROP* DAN *HEAT LOSS* DI PG. GEMPOLKREP MOJOKERTO

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Fluid Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Denny Akbar Nurhadyansyah
NRP. 4214 105 010

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

Dr. Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 197708022008011007

SURABAYA
JUNI, 2016

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

REDESIGN JALUR SISTEM PERPIPAAN DARI _BOILER_ MENUJU _STEAM TURBINE_ AKIBAT _PRESSURE DROP_ DAN _HEAT LOSS_ DI PG. GEMPOLKREP MOJOKERTO

Nama Mahasiswa : Denny Akbar Nurhadyansyah
NRP : 4214 105 010
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Ir. H. Alam Baheramsyah, M.Sc.

ABSTRAK

Pabrik gula (PG) Gempolkrep adalah salah satu pabrik penghasil gula yang terletak di daerah Mojokerto. Jalur sistem perpipaan dari boiler menuju turbin uap di Pabrik Gula ini teridentifikasi mengalami *pressure drop* dan *heat loss* yang cukup tinggi, sehingga tekanan dan suhu masuk turbin menjadi menurun. *Pressure drop* dan *heat loss* tersebut akan dijadikan bahan permasalahan yang akan diteliti pada penulisan skripsi ini. Sistem perpipaan akan didesain ulang dengan memperpendek jalur pipa pada sistem distribusi untuk mengurangi *pressure drop* dan mengganti bahan isolasi yang digunakan untuk mengurangi *heat loss* yang terjadi. Jalur sistem perpipaan selanjutnya akan dianalisa terkait nilai *pressure drop* dan *heat loss* yang terjadi sebelum proses redesain maupun setelah proses redesain. *Pressure drop* pada jalur redesain menurun 1.53 kg/cm^2 dibanding jalur *existing*. Nilai tersebut membuat tekanan masuk menuju turbin mengalami peningkatan sebesar 8.8%. Suhu uap rata-rata masuk turbin pada jalur redesain naik 22.935 °C dibanding jalur *existing*, dengan prosentase kenaikan 7.05%. Nilai tersebut membuktikaan bahwa proses redesain pada jalur sistem perpipaan di PG Gempolkrep Mojokerto lebih efektif dibandingkan dengan jalur *existing*.

Kata kunci : Boiler, _heat loss_, _pressure drop_, turbin

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

REDESIGN OF BOILER'S PIPING SYSTEMS TO THE STEAM TURBINE DUE TO PRESSURE DROP AND HEAT LOSS IN PG. GEMPOLKREP MOJOKERTO

Name	**: Denny Akbar Nurhadyansyah**
NRP	**: 4214 105 010**
Department	**: Marine Engineering**
Advisor	**: Ir. Hari Prastowo, M.Sc.**
	Ir. H. Alam Baheramsyah, M.Sc.

ABSTRACT

Gempolkrep is one of the factories producing sugar which is located in Mojokerto. Boiler's strip piping system to the steam turbine at this Sugar Factory is identified to have quite high pressure drop and heat loss so that the pressure and turbine inlet temperature is lowered. Pressure drop and heat loss reduction will be used as the issues to be studied in the thesis. The piping system will be redesigned by shortening the pipeline distribution system to reduce pressure drop. Replacing the insulation materials will be used to reduce heat loss that occurs. Trails piping systems will be analyzed related to the value of pressure drop and heat loss that occurs before or after redesign process. Pressure drop on the redesign decreased 1.53 kg/cm^2 compared to the existing line. These conditions make the inlet pressure to the turbine increased by 8.8%. The temperature average of the inlet steam turbine on redesign rise 22.935 °C than the existing line or had 7.05% percentage of increase. This value proved that redesigning the piping system pathways in PG Gempolkrep Mojokerto makes the process more effective than the existing line.

Key word: Boiler, heat loss, pressure drop, turbine

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan seluruh rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul “Redesign Jalur Sistem Perpipaan Dari *Boiler* Menuju *Steam Turbine* Akibat *Pressure Drop* Dan *Heat Loss* di PG. Gempolkrep Mojokerto”. Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta serta keluarga, atas dukungan berupa materiil dan doa yang diberikan selama ini.
2. Ir. Hari Prastowo, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing satu yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing dua yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Eddy Setyo Koenhardono, ST., MT selaku Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama penulis menjalani masa perkuliahan.

Penulis sadar bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata, besar harapan penulis bahwa Skripsi ini dapat memberikan informasi dan manfaat sebanyak-banyaknya bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 16 Juni 2016

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

"Halaman ini Sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pabrik Gula Gempolkrep merupakan salah satu pabrik gula terbesar di wilayah Jawa Timur yang berada di bawah naungan PTPN X dengan kapasitas produksi sebesar 6500 kg/hari. Pabrik gula mempunyai 3 buah *boiler* sebagai penghasil uap dalam proses produksinya. Masing-masing bisa menghasilkan uap sebesar 75 ton/jam, 75 ton/jam dan 30 ton/jam. Tekanan dari uap yang diproduksi oleh *boiler* adalah 21 kg/cm^2 dengan temperatur sekitar 350 °C yang seterusnya akan disuplai menuju turbin uap.

Permasalahan yang timbul adalah *boiler* menghasilkan tekanan sebesar 21 kg/cm^2 untuk menggerakkan turbin, namun tekanan yang masuk ke turbin uap hanya sebesar 17 kg/cm^2. Penurunan tekanan yang terjadi diakibatkan karena adanya tekanan dan panas yang hilang pada jalur distribusi tersebut, sehingga menyebabkan turbin tidak bekerja dengan optimal.

Solusi dari permasalahan yang timbul dapat diselesaikan dengan merencanakan jalur distribusi baru, pemilihan ulang material pipa, serta pemilihan ulang material dan tebal isolasi. Tujuannya agar semua batasan yang diisyaratkan oleh *client request* dapat terpenuhi untuk menjamin keberlangsungan proses produksi, serta keamanan dan keselamatan personel dan materiil. Sehingga desain ulang pada penelitian ini bisa dijadikan acuan dasar rekomendasi bagi pihak PG Gempolkrep untuk mengatasi permasalahan yang terjadi terkait *pressure drop* dan *heat loss*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, diperlukan perancangan instalasi jalur sistem perpipaan dari keluaran boiler menuju turbin uap yang lebih optimal. Oleh karena itu didapat perumusan masalah sebagai berikut:

a) Bagaimana menentukan jalur perpipaan yang optimal dari *outlet boiler* menuju *inlet* turbin uap untuk meminimalisir penurunan tekanan dan panas yang hilang?
b) Berapa besar nilai tekanan dan panas yang hilang pada jalur *redesign* dibandingkan dengan jalur *existing*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas proses pengerjaan dan mempermudah pemahaman dari masalah yang diungkapkan, maka berikut batasan masalah yang diperlukan :

a) Jalur perpipaan yang dianalisa pada tugas akhir ini dari outlet *boiler* menuju inlet turbin uap.
b) Perencanaan *support piping* dan analisa stress pipa tidak diperhitungkan secara detail.
c) Jenis material isolasi yang digunakan adalah *mineral wool*.
d) Fluida yang mengalir dalam pipa adalah *steam*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

a) Melakukan redesign jalur perpipaan dari *outlet boiler* menuju *inlet* turbin uap untuk meminimalisir penurunan tekanan dan panas yang hilang.
b) Menghitung besar nilai tekanan dan panas yang hilang pada jalur *redesign* dibandingkan dengan jalur *existing*.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Laporan tugas akhir ini dapat digunakan untuk meningkatkan kerja dan produksi perusahaan.
b) Menambah wawasan dalam bidang sistem perpipaan mengenai *pressure drop* maupun *heat loss* pada sistem perpipaan.

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pemipaan

Sistem pemipaan merupakan sistem yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain. Sistem pemipaan terdiri dari gabungan pipa-pipa yang memiliki panjang total relative pendek dan digunakan untuk mengalirkan fluida dari suatu peralatan ke peralatan lainnya yang beroperasi pada suatu *plant*. Sistem pemipaan sangat dibutuhkan dalam menunjang suatu plant atau sistem yang ada pada suatu proses industri maupun non industri.

2.1.1. Pemilihan Material

Pemilihan material pipa dalam sistem perpipaan dikelompokkan menurut jenis material dan penggunaanya berdasarkan suhu kerja, seperti yang ditunjukkan pada Lampiran A. Selain berdasarkan suhu, pemilihan material juga dapat dilakukan menurut jenis fluida yang akan dialirkan, yaitu pada tingkat korosifitasnya. Korosi menjadi salah satu masalah yang sangat lazim terjadi pada boiler. Bahkan dapat dikatakan bahwa, tidak ada boiler yang tidak mengalami korosi. Karena boiler menggunakan media kerja air yang jika tidak diperhatikan, akan sangat mudah mengkorosi pipa-pipa boiler. Hal ini tentu sangat berkaitan dengan nilai kekasaran pipa, dimana nilai kekasaran sangat berpengaruh pada besar atau kecilnya tekanan hilang yang terjadi.

2.1.2. Tebal Minimum Pipa

Salah satu tahapan penting dalam mendesain sebuah sistem perpipaan setelah dimensi (diameter) pipa, adalah menghitung ketebalan pipa. Dimana ketebalan pipa hasil perhitungan digunakan untuk memilih *schedule* pipa yang ada di pasaran. Tebal pipa merupakan salah satu faktor agar sistem perpipaan dapat bekerja sesuai fungsinya dengan aman. Berikut formula untuk menghitung ketebalan pipa menurut ASME-B31.1, 2001:

$$t_m = \frac{PD_o}{2(SE+PY)} + A \qquad (2.1)$$

Dimana: t_m = Tebal minimum pipa, in.

P = Tekanan desain, psi

D_o = Diameter luar pia, in.

S = Stress yang diizinkan psi, per *tables in ASME Section II*, Lampiran A.

E = *Basic Quality Factors for Longitudinal Weld Joints*, Lampiran A.

Y = *Values of coefficient Y*, Lampiran A.

A = Ketebalan tambahan, in.

2.2 Sifat-Sifat Fluida

Fluida memiliki beberapa sifat yang dapat mempengaruhi gerakan fluida seperti viskositas, debit aliran, laju aliran, densitas, dan lain sebagainya. Suhu dan tekanan sangat berpengaruh terhadap sifat fluida yang dialirkan pada suatu sistem perpipaan, sehingga dalam mendesain suatu sistem perpipaan sifat-sifat tersebut perlu diperhatikan.

2.2.1 Bilangan Reynolds (Re)

Hasil dari percobaan *Osborne Reynold* menunjukkan bahwa *laminar* atau *turbulen*-nya suatu aliran dalam pipa tergantung pada diameter, kerapatan, viskositas dan kecepatan aliran dari fluida yang mengalir. Nilai dari empat kombinasi tersebut dinyatakan dengan angka yang tak berdimensi, yang disebut *reynold number*. Berikut persamaan *reynold number* menurut *Osborne Reynold*:

$$\mathrm{Re} = \frac{VD\rho}{\mu} \qquad (2.2)$$

Dengan,

$$v = \frac{\mu}{\rho} \qquad (2.3)$$

Sehingga,

$$\mathrm{Re} = \frac{VD}{v} \qquad (2.4)$$

Dimana: V = kecepatan fluida yang mengalir (m/s).
D = diameter dalam pipa (m).
ρ = massa jenis fluida (kg/m³).
v = viskositas kinematik fluida (m²/s).
μ = viskositas dynamic (kg/m.s)

Untuk keperluan teknik, aliran fluida didalam pipa biasanya diusahakan *laminar*, dengan kata lain nilai *Reynold number* kurang dari 2000. Aliran tersebut dikatakan *turbulen* jika nilai *reynold number* lebih dari 4000. Dimana terdapat nilai diantara kedua ketentuan tersebut merupakan zona kritis dan zona transisi.

2.2.2. Faktor Gesekan

Faktor gesekan di dalam pipa sangat dipengaruhi oleh *reynold number* dan nil ai e/D, dimana nilai tersebut juga dipengaruhi oleh distribusi kecepatan pada aliran. Nilai dari faktor gesekan dapat diketahui dengan persamaan menurut *Swamee-Jain* yang digunakan langsung untuk memecah persamaan *Darcy-Weisbach* pada faktor gesekan (f) dalam pipa dengan aliran penuh. Berikut persamaan untuk factor gesekan menurut *Swamee-Jain*:

$$f = 0.25\left[log\left(\frac{\frac{e}{D}}{3.7}+\frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^{-2} \text{..................} \quad (2.5)$$

Dimana : e = kekasaran material pipa

D = diameter dalam pipa (m)

Re = *reynold number*

2.2.3. Rumus *Pressure Drop*

Pressure drop merupakan perbedaan tekanan antara tekanan fluida masuk pipa dan keluar pipa yang disebabkan oleh hambatan aliran. Misalnya kekasaran permukaan dalam pipa, gesekan fluida dengan permukaan pipa, panjang pipa, diameter pipa maupun kecepatan aliran fluida. Untuk menghitung perbedaan tekanan antara sisi masuk pipa dan sisi keluar pipa pada fluida berbentuk gas *(incompressible liquids)* dapat menggunakan persamaan menurut Geankoplis, C.J., 1993 berikut ini:

$$P_1^2 - P_2^2 = \frac{4f\Delta LG^2RT}{DM} \text{....................................} \quad (2.6)$$

Dimana : P_1 = tekanan awal (pa)

P_2 = tekanan akhir (pa)

R = koefisien 8314.3 J/kg mol K atau 1545.3 ft lb_f/lb mol °R

M = *molecular weight* (*steam* = 18.016 kg/kg mol)

ΔL = panjang pipa (m)

T = *temperature* (K)

D = *inside diameter* (m)

G = *rate* (kg/s m^2)

f = *friction factor*

2.2.4. Kerugian Pada Perubahan Geometri *(minor losses)*

Minor losses merupakan kerugian yang terjadi apabila ukuran pipa, bentuk penampang atau arah aliran berubah. Umumnya hal ini disebabkan juga oleh komponen-komponen pada pipa seperti katup, *elbow*, dan lain-lain. Secara umum kerugian ini dapat dihitung dengan persamaan menurut Geankoplis, C.J., 1993 berikut ini:

$$h_f = K_f \frac{V^2}{2} \quad (2.7)$$

Dimana : h_f = kerugian pada perubahan geometri (m)

K_f = koefisien pengecilan pipa

v = kecepatan aliran fluida air (m/s).

Hasil dari persamaan 2.7 merupakan hasil dalam satuan meter, oleh karena itu nilai yang didapatkan harus dikonversikan ke dalam satuan tekanan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta P = \rho . h_f \quad (2.8)$$

Dimana : ρ = densitas (kg/m^3)

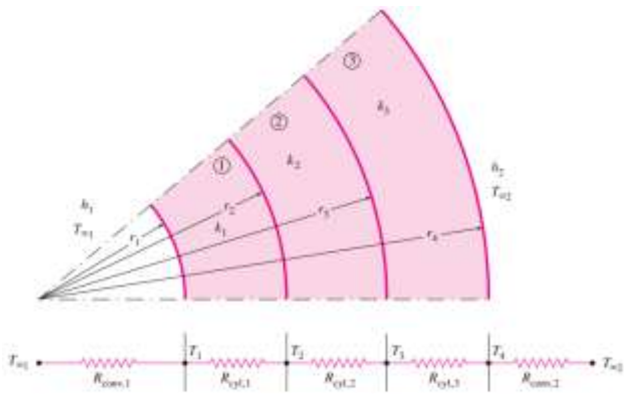
h_f = kerugian pada perubahan geometri (m)

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat terjadi dalam tiga proses, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas yang terjadi melalui proses konduksi dapat diaplikasikan pada suatu pipa yang memiliki lapisan lebih dari satu.

2.3.1. Konduksi Pada Silinder Berlapis Banyak

Perpindahan panas yang stabil melalui silinder dapat diketahui dengan hanya menambahkan resistansi tambahan untuk setiap lapisan tambahan. Sebagai contoh, tingkat perpindahan panas melalui silinder tiga lapis ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.1 Rangkaian tahanan thermal yang mengalir menembus 3 lapisan dimana bagian dalam dan luar lapisan mengalami perpindahan panas secara konveksi

(Sumber: Cengel. Y. A. 2002. "*Heat Transfer Second Edition*")

$$Q \quad = \frac{T\infty 1 - T\infty 2}{R\ total} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.9)$$

$$R_{total} = R_{conv1} + R_{cyl1} + R_{cyl2} + R_{cyl3} + R_{conv2}$$

$$R_{total} = \frac{1}{h1A1} + \frac{ln\frac{r2}{r1}}{2\pi Lk1} + \frac{ln\frac{r3}{r2}}{2\pi Lk2} + \frac{ln\frac{r4}{r3}}{2\pi Lk3} + \frac{1}{h2A4} \ldots \quad (2.10)$$

Dimana :

Q = nilai kalor yang diperlukan (*heat loss)* (W)

h1 = *heat transfer coefficient* permukaan dalam pipa (W/m^2 °C)

A1 = luas permukaan perpindahan panas bagian dalam pipa (m^2)

h2 = *heat transfer coefficient* permukaan luar pipa (W/m^2 $^\circ$C)
A2 = luas permukaan perpindahan panas bagian luar pipa (m^2)
k = konduktivitas *thermal* (W/m $^\circ$C)

2.3.2. Angka *Nusselt (Turbulent Flow in Tubes)*

Bilangan *nusselt* adalah rasio perpindahan panas konveksi dan konduksi normal terhadap batas dalam kasus perpindahan panas pada permukaan fluida. Untuk angka *nusselt* pada aliran *turbulen* dapat diketahui dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.11. Dimana nilai n dalam formula pada kondisi panas adalah 0.4 dan 0.3 pada kondisi dingin.

$$Nu = 0.023\ Re^{0.8}Pr^{n} \qquad (2.11)$$

(Sumber: Cengel. Y. A. 2002. "*Heat Transfer Second Edition*")

Dimana : Re = *reynold number*
Pr = *prandtl*
n = 0.4 *for heating* dan 0.3 *for cooling*

2.3.3. *Heat Transfer Coefficient*

Koefisien perpindahan panas merupakan parameter yang digunakan untuk melakukan perhitungan perpindahan panas yang terjadi secara konveksi. Koefisien ini banyak digunakan dalam ilmu termodinamika dan mekanika. Nilai dari koefisien perpindahan panas dipengaruhi oleh termal konduktivitas material, *nusselt number* dan diameter pipa yang digunakan. Nilai dari *heat transfer coefficient* dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h = \frac{k}{D}\ Nu \qquad (2.12)$$

(Sumber: Cengel. Y. A. 2002. "*Heat Transfer Second Edition*")

Dimana :

k = *thermal conductivity (*W/mK)

D = *inside diameter* (m)

Nu = *nusselt number*

2.3.4. *Rayleigh Number*

Jumlah Rayleigh untuk fluida adalah nomor dimensi terkait dengan aliran sebagai konveksi bebas atau konveksi alami. Hal ini menggambarkan hubungan antara daya apung, viskositas dalam cairan fluida, dan nilai Prandtl yang menggambarkan antara momentum difusivitas dan difusivitas termal. Formula untuk mencari nilai dari angka *Rayleigh* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Ra_D = \frac{g\beta(T_S - T_\infty)D^3}{v^2} Pr \quad (2.13)$$

(Sumber: Cengel. Y. A. 2002. "*Heat Transfer Second Edition*")

Dimana : g = *gravity* (9.81 m/s^2)

β = 1/Tf (°C)

T_s = T *surface (standart temperature personal protection* = 60°C)

T_∞ = T *ambient* (30°C)

Pr = *prandtl*

D = *outside diameter pipe insulation* (m)

v = *kinematic viscosity* (m^2/s)

2.3.5. Angka *Nusselt (Natural Convection)*

Konveksi perpindahan panas alami di permukaan tergantung pada geometri permukaan serta orientasi. Hal ini juga tergantung pada variasi temperature di permukaan dan sifat *thermophysical* dari cairan fluida yang terlibat.[11] Formula untuk mencari nilai angka *nusselt* pada kondisi konveksi natural dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Nu} = \left(0.6 + \frac{0.387\, Ra_D^{1/6}}{\left[1+\left(0.559/_{Pr}\right)^{9/16}\right]^{8/27}}\right)^2 \ldots\ldots \quad (2.14)$$

(Sumber: Cengel. Y. A. 2002. "*Heat Transfer Second Edition*")

Dimana : Ra_D = *rayleigh number*

Pr = *prandtl*

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan filosofi desain, metodologi perancangan jalur sistem perpipaan dari *outlet boiler* menuju *inlet* tubin uap di PG. Gempolkrep dibuat *dengan* mengelompokkan empat kegiatan besar, yaitu tahap identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, analisa dan kesimpulan.

3.1 Tahap Identifikasi Awal

Tahap identifikasi awal ditujukan untuk mengidentifikasi beberapa permasalahan yang didapatkan pada saat melakukan pengamatan sehingga bisa dilakukan sebuah penelitian.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap untuk mengumpulkan data yang berhubungan dengan permasalahan yang didapat. Data yang dikumpulkan berupa data spesifikasi teknis yang diteliti meliputi data karakter fluida, properties material, tekanan, temperatur, dan data rancangan awal untuk penggambaran isometric.

3.3 Tahap pengolahan data

Tahap pengolahan data merupakan tindak lanjut dari pengumpulan data yang telah dilakukan. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan hasil dari penilitian. Tahap-tahap pengolahan data antara lain adalah sebagi berikut:

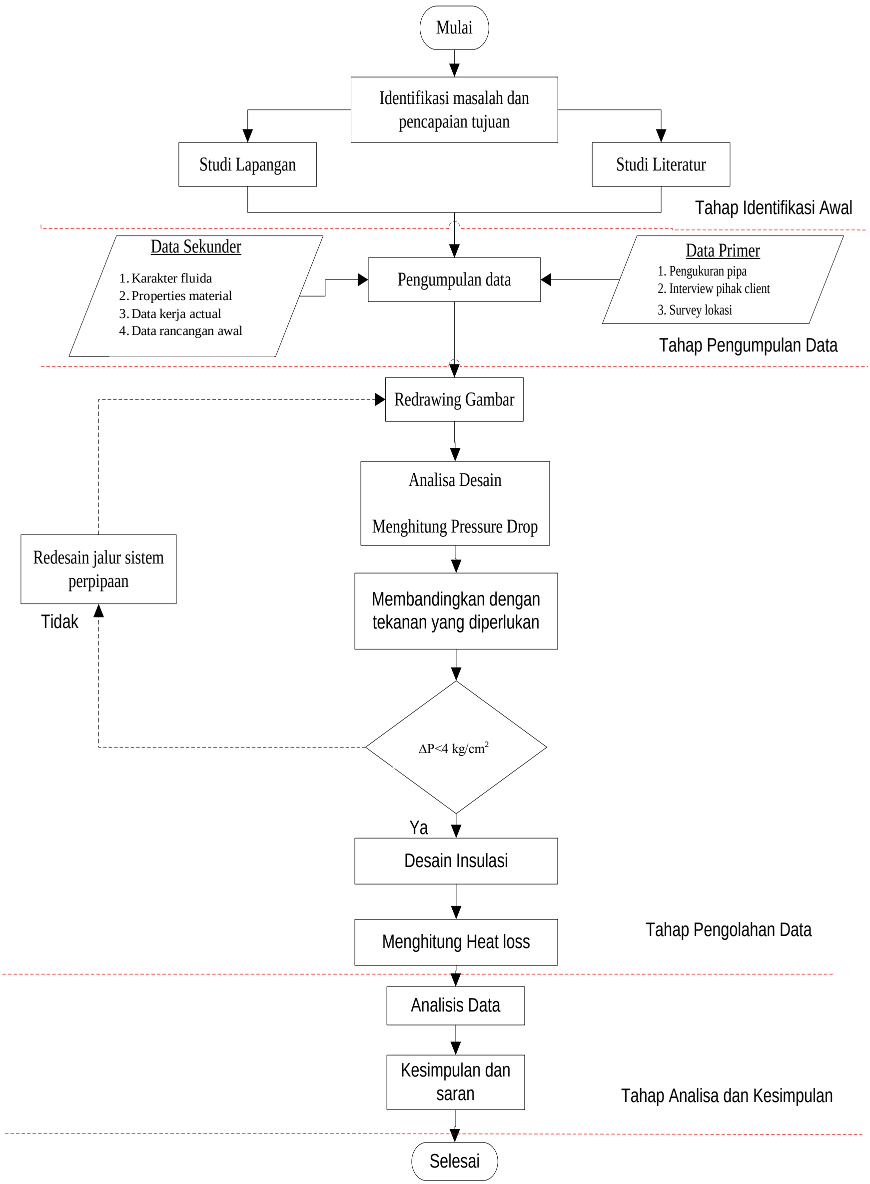
a) Penggambaran jalur *existing* dan jalur baru (redesain) berupa gambar *isometric* sesuai dengan standart ASME.
b) Menganalisa hasil desain jalur baru (redesain) terhadap jalur *existing*.

c) Menghitung besar *pressure* drop dari desain jalur existing maupun jalur baru yang direncanakan.
d) Membandingkan hasil perhitungan *pressure drop* jalur redesain dibanding jalur existing dan melakukan analisa terkait dengan tekanan yang diperlukan.
e) Jika Ya, redesain dikatakan sesuai dengan tekanan yang diperlukan, maka akan diteruskan ke langkah selanjutnya.
f) Jika Tidak, maka dilakukan kembali redesain jalur sistem perpipaan.
    - Merencanakan kembali jalur pipa
    - Menentukan jenis material pipa
    - Menentukan ketebalan pipa
    - Menentukan *fitting* (*tee* & *reducer*)
g) Melakukan desain isolasi sistem perpipaan dengan material baru yaitu mineral wool.
h) Menghitung besar *heat loss* pada jalur baru (redesain).

3.4 Tahap analisa dan kesimpulan

Dilakukan analisis terhadap data-data yang telah diolah atau hasil yang diperoleh pada penelitan dan perhitungan. Dilanjutkan dengan pengambilan kesimpulan serta saran yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya dengan obyek penelitian yang lebih luas dan sebagai bahan pertimbangan serta referensi kepada perusahaan untuk dapat diaplikasikan pada sistem perpipaan lain yang memiliki keidentikan.

Berikut merupakan flow chart dari metodologi yang telah disusun:


Mulai
Identifikasi masalah dan pencapaian tujuan
Studi Lapangan
Studi Literatur
Tahap Identifikasi Awal
Data Sekunder
1. Karakter fluida
2. Properties material
3. Data kerja actual
4. Data rancangan awal
Pengumpulan data
Data Primer
1. Pengukuran pipa
2. Interview pihak client
3. Survey lokasi
Tahap Pengumpulan Data
Redrawing Gambar
Analisa Desain
Menghitung Pressure Drop
Membandingkan dengan tekanan yang diperlukan
Redesain jalur sistem perpipaan
Tidak
ΔP<4 kg/cm2
Ya
Desain Insulasi
Menghitung Heat loss
Tahap Pengolahan Data
Analisis Data
Kesimpulan dan saran
Tahap Analisa dan Kesimpulan
Selesai

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

BAB IV
ANALISA DATA

4.1. Data Desain

Data yang diperoleh merupakan data kondisi lapangan dari kerja boiler, turbin, serta material pipa yang digunakan di PG. Gempolkrep Mojokerto.

Tabel 4.1 Data Kondisi Kerja

Jalur pipa	***Pressure*** **(kg/cm^2)**	**Suhu (°C)**	***Steam flow*** **(ton/h)**
Section 1: Yoshimine 1 – HPSH	20.95	350	65
Section 2: Yoshimine 2 – HPSH	20.85	348	62
Section 3: Cheng-chen – HPSH	20.87	349	21.74
Section 4: HPSH – Turbin SHINKO	17.51	330	52.31
Section 5: HPSH – Turbin SNM	17.28	320	55.16

Material pipa yang digunakan pada jalur *existing* merupakan pipa dengan material STBA. Berikut data lengkap mengenai ukuran nominal pipa, diameter, dan data lain terkait spesifikasi material pipa yang digunakan.

Tabel 4.2 Data Material Pipa

<table>
<tr><th>Jalur pipa</th><th>NPS</th><th>OD (inch)</th><th>ID (inch)</th><th>Schedule</th><th>Thickness (inch)</th></tr>
<tr><td>Section 1</td><td>14</td><td>14</td><td>12.5</td><td>80</td><td>0.75</td></tr>
<tr><td>Section 2</td><td>14</td><td>14</td><td>12.5</td><td>80</td><td>0.75</td></tr>
<tr><td>Section 3</td><td>10</td><td>10.75</td><td>9.562</td><td>80</td><td>0.594</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Section 4</td><td>14</td><td>14</td><td>12.5</td><td>80</td><td>0.75</td></tr>
<tr><td>12</td><td>12.75</td><td>11.374</td><td>80</td><td>0.688</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Section 5</td><td>14</td><td>14</td><td>12.5</td><td>80</td><td>0.75</td></tr>
<tr><td>12</td><td>12.75</td><td>11.374</td><td>80</td><td>0.688</td></tr>
</table>

4.2. Pemilihan Material Pipa

Suhu kerja pada sistem perpipaan jalur distribusi uap dari keluaran boiler menuju turbin di PG. Gempolkrep Mojokerto adalah 350 °C. Suhu tersebut dikategorikan pada suhu menengah[10]. Jenis material yang baik digunakan pada kategori suhu menengah menurut ASME Section II-A adalah pipa dengan material *carbon steel* dengan spesifikasi SA-53 *grade* B, SA-106 *grade* B, dan SA-105 *grade* C, lihat Lampiran A.

Pipa yang digunakan pada proses redesain adalah pipa dengan material *carbon steel* dengan spesifikasi SA-106 *grade* B. Pemilihan material didasarkan pada ketersediaan barang di pasar Indonesia. Pipa dengan spesifikasi SA-106 *grade* B merupakan pipa *carbon steel* dengan jenis *seamless pipe* yang umum dan banyak digunakan untuk pendistribusian fluida dengan suhu kerja kategori menengah.

4.3. Pemilihan Material Sambungan Pipa

Sambungan pipa dibagi menjadi dua macam yaitu, *welded component* dan *threaded component*. Sambungan pipa yang digunakan pada perancangan jalur sistem perpipaan redesain menggunakan sambungan pipa dengan jenis *welded component*. Pemilihan ini didasarkan pada kondisi kerja di lapangan yang membutuhkan kekuatan dan ketahanan terkait kondisi kerja dengan tekanan tinggi. Material sambungan pipa yang digunakan adalah *carbon steel* dengan spesifikasi SA-234 *grade* WPB, lihat Lampiran A yang mengacu pada ASME *Section* II.

4.4. Pemilihan Katup

Katup yang digunakan untuk sistem perpipaan distribusi uap pada jalur redesain menggunakan katup sesuai dengan desain *existing*. Hal ini dilakukan terkait rekomendasi pihak pabrik, yaitu memakai katup dengan jenis *globe valve* dengan alasan dapat bekerja pada tekanan dan suhu yang tinggi dan mempunyai kelebihan dapat mengatur aliran dengan baik. Dimensi katup yang digunakan pada desain ini mengacu pada standart ASME B16.10 – *Face to face And End to End Dimensions Of Valves.*

4.5. Ketebalan Minimum Pipa

Ketebalan minimum pipa merupakan hal penting yang perlu diperhatikan pada sebuah sistem perpipaan. Hal ini bertujuan untuk menjaga sistem perpipaan agar dapat bekerja dengan aman dan memenuhi standart kerja yang dianjurkan. Perhatian pada penggunaan tebal minimum di sebuah sistem perpipaan termasuk tunjangan untuk mendapatkan kekuatan mekanik agar suatu sistem perpipaan dapat bekerja dengan jangka waktu yang panjang[7].

4.5.1 Perhitungan Ketebalan Minimum Pipa

Nilai ketebalan minimum pipa didapatkan dengan menggunakan rumus sesuai dengan persamaan 2.1. Berikut contoh perhitungan minimum tebal pipa yang digunakan pada jalur distribusi uap *section* 1.

$$t_m = \frac{PD_o}{2(SE+PY)} + \mathrm{A}$$

$$= 0.122 \text{ in}$$

$$t_m = 3.1 \text{ mm}$$

Hasil dari perhitungan ketebalan minimum pipa pada masing-masing *section* ditunjukkan pada Tabel 4.3.

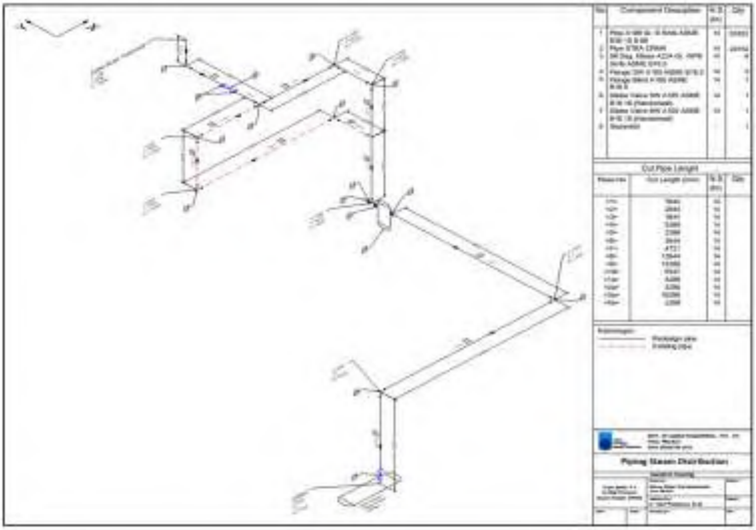
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Ketebalan Minimum Pipa

Jalur Pipa	D_o (in)	P (psi)	S (psi)	E	Y	t_m (in)	t_m (mm)
Section 1	14	297.98	16969.42	1	0.4	0.122	3.10
Section 2	14	296.56	16981.02	1	0.4	0.121	3.08
Section 3	10	296.84	16975.21	1	0.4	0.087	2.21
Section 4	14	245.78	17085.45	1	0.4	0.100	2.54
	12	245.78	17085.45	1	0.4	0.086	2.18
Section 5	14	249.05	17114.45	1	0.4	0.101	2.57
	12	249.05	17114.45	1	0.4	0.087	2.20

Dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa pemilihan ketebalan pipa pada perencanaan sistem perpipaan tidak boleh kurang dari nilai ketebalan minimum (t_m) yang tertera pada Tabel 4.3 tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk memenuhi standart dari ASME B31.1-2001 – *Power Piping*.

4.6. Perencanaan Jalur Pipa Distribusi Baru (Redesain Jalur *Existing*)

Redesain jalur pipa dilakukan dengan cara memperpendek jalur distribusi sistem perpipaan dan mengganti isolasi yang digunakan. Tujuannya untuk mengurangi panjang dan sambungan pipa dan mengurangi panas yang hilang akibat rusaknya isolasi. Gambar 4.1 merupakan contoh desain ulang dari salah satu jalur pipa distribusi uap dari keluaran boiler menuju turbin uap.



Gambar 4.1 Jalur Pipa *Section* 1

Hasil desain ulang sistem perpipaan pada jalur pipa *section* 1 pada gambar diatas menunjukkan adanya pengurangan panjang dan sambungan pipa yang digunakan. Garis hitam merupakan jalur redesain yang direkomendasikan untuk sistem perpipaan distribusi uap dari keluaran boiler Yoshimine 1 menuju HPSH, sedangkan garis putus-putus merah merupakan jalur *existing*. Perencanaan desain ulang ini mampu mengurangi panjang pipa distribusi yang mulanya sepanjang 61928 mm menjadi 53352 mm dan mengurangi pemakaian sambungan pipa berupa elbow dari 8 buah menjadi 6 buah. Hasil desain ulang dari jalur sistem perpipaan lain dapat dilihat pada Lampiran E, berupa tabel hasil redesain dan perhitungan *pressure drop* dan Lampiran C, berupa gambar *isometric* dari semua sistem perpipaan jalur distribusi.

4.7. Perhitungan *Pressure Drop*

4.7.1 Perhitungan *Pressure Drop in Straight Pipe*

Data perhitungan yang akan digunakan sebagai contoh perhitungan merupakan data dari jalur pipa *section* 1. Jalur pipa *section* 1 merupakan jalur pipa dari keluaran boiler menuju *High Pressure Steam Header* (HPSH). Data perhitungan jalur pipa *section* 1 ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Perhitungan Jalur Pipa *Section* 1

<table>
<tr><th>No.</th><th>Parameter</th><th>Besaran</th><th>Satuan</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1</td><td rowspan="2">P</td><td>20.95</td><td>kg/cm^2</td></tr>
<tr><td>2054493.18</td><td>Pa</td></tr>
<tr><td>Internal design pressure</td><td>297.979</td><td>Psi</td></tr>
<tr><td rowspan="5">2</td><td>NPS</td><td>14</td><td>inch</td></tr>
<tr><td rowspan="2">OD</td><td>14</td><td>inch</td></tr>
<tr><td>355.6</td><td>mm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ID</td><td>12.5</td><td>inch</td></tr>
<tr><td>317.5</td><td>mm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">S</td><td>117</td><td>Mpa</td></tr>
<tr><td>16969.42</td><td>Psi</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Y</td><td>0.4</td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>V (velocity)</td><td>30.754</td><td>m/s</td></tr>
<tr><td>6</td><td>$\dot{m}$ (mass flow)</td><td>18.056</td><td>kg/s</td></tr>
<tr><td>7</td><td>ρ (density)</td><td>7.419</td><td>kg/m^3</td></tr>
<tr><td>8</td><td>µ (dynamic viscosity)</td><td>0.00002225</td><td>kg/ms</td></tr>
<tr><td>9</td><td>ν (kinematic viscosity)</td><td>0.00000300</td><td>m^2/s</td></tr>
<tr><td>10</td><td>T</td><td>350</td><td>°C</td></tr>
</table>

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Pressure Drop* Jalur Pipa *Section* 1

No	Parameter	Besaran	Satuan
1	P1	2054493.18	Pa
2	P2	1885599.206	Pa
3	*f (friction factor)*	0.0570	-
4	ΔL	61.928	m
5	G	228.167	kg/m^2s
6	R	8314.3	J/kg mol K
7	T	623	K
8	ID	0.3175	m
9	M *(molecular weight)*	18.016	kg/kg mol
10	Pin^2-$Pout^2$	665457838660.34	Pa
11	*e (roughness)*	3	mm
12	*relative roughness (e/D)*	0.009448819	
Pressure Drop		168893.969	Pa
		1.723	kg/cm^2

Nilai *e* (kekasaran material) ditentukan berdasarkan kondisi pipa dilapangan. Pipa distribusi uap pada *section* 1 mempunyai nilai kekasaran sebesar 3 mm. Nilai tersebut berdasarkan umur pipa dan kondisi kerja pipa di lapangan lihat Lampiran D.

Detail perhitungan,

- Perhitungan *friction factor*, menggunakan persamaan 2.5.

$$f = 0.25\left[log\left(\frac{0.00945}{3.7}+\frac{5.74}{3255872984^{0.9}}\right)\right]^{-2}$$

$$= 0.057$$

- Perhitungan *pressure drop*, menggunakan persamaan 2.6.

$$P_1^2 - P_2^2 = \frac{4\times0.057\times61.928\times228.167^2\times8314.3\times623}{0.3175\times18.016}$$

$$= \frac{3.806\times10^{12}}{5.72008}$$

$$P_1^2 - P_2^2 = 665457838660.34 \text{ Pa}$$

$$P_2 = \sqrt{(}2054493.18^2 - 665457838660.34)$$

$$P_2 = 1885599.206 \text{ Pa}$$

Sehingga didapat *Pressure Drop* sebesar:

$$P_1^2 - P_2^2 = 2054493.18 - 1885599.206$$

$$= 168893.969 \text{ Pa}$$

$$= 1.723 \text{ kg/cm}^2$$

4.7.2 Perhitungan *Pressure Drop in Fitting Pipe*

Untuk menghitung *pressure drop* pada sambungan pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7. Berikut contoh perhitungan pada jalur pipa *section* 1.

Tabel 4.6 Sambungan Pipa Jalur Pipa *Section* 1

No	Tipe sambungan/katup	K factor	Jumlah
1	*Elbow* 90°	0.75	8
2	*Globe Valve*	6	2
3	*Tee*	1	1
4	*Entrance Losses*	0.5	1
5	*Exit Losses*	1	1

Tabel 4.7 Total *Losses In Fitting And Valve* Jalur Pipa *Section* 1

No.	Rumus	*Type of fitting or Valve*	Perhitungan	Total
1	$h_f = K_f \frac{V^2}{2}$	Elbow 90°	354.69	2837.51
2		Globe Valve	2837.51	5675.03
3		Tee	472.92	472.92
4		Entrance Losses	236.46	236.46
5		Exit Losses	472.92	472.92
Total *losses*				9694.84

Hasil perhitungan total *loses* untuk sambungan dan katup pada jalur perpipaan *section* 1 adalah sebesar 9694.84 m. Hasil tersebut masih dalam satuan meter, oleh karena itu nilai yang didapatkan harus dikonversikan ke dalam satuan tekanan dengan menggunakan persamaan 2.8.

4.7.3 Total *Pressure Drop*

Pressure drop total merupakan hasil penjumlahan dari perhitungan *pressure drop* pada *straight pipe* dengan *pressure drop* pada *fitting* pipa. Perhitungan yang dilakukan pada *section* 1 didapatkan nilai *pressure drop* pada *straight pipe* lebih besar dibanding *pressure drop* di *fitting* pipa. Hal ini dikarenakan *pressure drop* pada *straight pipe* sangat dipengaruhi oleh kekasaran dan panjang pipa. Berikut perhitungan untuk total *pressure drop* pada *section* 1:

Total *Pressure Drop* = *pressure drop* pada *straight* pipa + *pressure drop* pada *fitting* pipa

= 168893.969 Pa + 71926.011 Pa

= 240819.979 Pa

= 2.456 kg/cm^2

Untuk hasil perhitungan *pressure drop* dari semua jalur baik desain *existing* maupun redesain dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan *Pressure Drop*

Jalur Pipa	***Pressure Drop* (kg/cm^2)**		***Pengurangan Pressure Drop***
	Existing	**Redesain**	
Section 1	2.456	1.025	58.3 %
Section 2	2.402	1.018	57.6 %
Section 3	1.502	0.804	46.5 %
Section 4 (Diameter pipa 12 inchi)	0.494	0.417	15.6 %
Section 4 (Diameter pipa 14 inchi)	0.407	0.331	18.7 %
Section 5 (Diameter pipa 12 inchi)	0.686	0.460	32.9 %
Section 5 (Diameter pipa 14 inchi)	0.463	0.394	14.9 %

Desain ulang yang dilakukan pada semua jalur pipa distribusi memberikan hasil yang lebih efektif bila dibandingkan dengan desain *existing*. Hal tersebut dapat dilihat dari prosentase penurunan *pressure drop* pada masing-masing jalur. Penurunan *pressure drop* menunjukkan bahwa kinerja dari sistem perpipaan menjadi lebih baik, karena dengan berkurangnya pressure drop maka tekanan masuk turbin akan meningkat. Dari nilai *pressure drop* yang diperoleh, tekanan masuk pada HPSH dapat diketahui dan dapat dilihat pada Tabel 4.9. Sedangkan tekanan masuk pada masing-masing turbin dapat dilihat pada Tabel. 4.10.

Tabel 4.9 Tekanan Masuk HPSH

Jalur Pipa	**Steam Flow (ton/h)**	**P_{in} (kg/cm^2)**	
		Existing	Redesain
Section 1	65	18.494	19.925
Section 2	62	18.448	19.832
Section 3	21.74	19.368	20.066

High Pressure Steam Header (HPSH) merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk menampung hasil produksi uap bertekanan tinggi dari hasil kerja boiler. PG Gempolkrep memilik 3 buah boiler, dimana hasil uap panas bertekanan pada masing-masing boiler disalurkan menuju HPSH yang kemudian akan disalurkan ke turbin uap. Terdapat dua jalur keluaran pipa pada HPSH, yaitu jalur pipa *section* 4 menuju turbin SHINKO dan jalur pipa *section* 5 menuju turbin SNM.

Tabel 4.10 Tekanan Masuk Turbin

Jalur Pipa	**P_{in} (kg/cm^2)**	
	Existing	Redesain
Section 4: Turbin SHINKO	17.51	18.98
Section 5: Turbin SNM	17.28	18.87

Nilai tekanan masuk rata-rata dari turbin SHINKO dan SNM pada jalur *existing* adalah 17.395 kg/cm^2, sedangkan pada jalur redesain adalah sebesar 18.925 kg/cm^2. Dari nilai rata-rata tersebut, didapatkan prosentase peningkatan tekanan masuk turbin sebesar 8.8%, dengan rata-rata penurunan *pressure drop* sebesar 1.53 kg/cm^2.

4.8. Perhitungan *Heat Loss*

Material isolasi yang digunakan pada jalur redesain menggunakan material isolasi dengan jenis *Mineral Wool* dengan ketebalan 50 mm. Sedangkan material pada desain *existing* menggunakan material isolasi jenis *Rock Wool* dengan ketebalan 50 mm, untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Lampiran D Tabel E.1. Pemilihan tersebut berdasarkan nilai konduktivitas *thermal* dari *Mineral Wool* yang relative sangat kecil dibandingkan beberapa material isolasi lainnya.[1]

4.8.1 Data Perhitungan

Data yang akan digunakan sebagai contoh perhitungan merupakan data jalur redesain pada sistem perpipaan *section* 1. Data perhitungan untuk isolasi pipa pada jalur pipa *section* 1 ditunjukkan pada Tabel 4.11. dan Tabel 4.12.

Tabel 4.11 Data Material Isolasi Jalur Pipa *Section* 1

Jalur pipa	Material	OD		ID		Thickness	
		In	m	in	m	in	m
***Section* 1**	Pipa A106 Gr. B	14	0.36	12.5	0.318	0.750	0.0191
	Mineral Wool	-	-	-	-	1.969	0.05

Tabel 4.12 Data *Properties* Perhitungan Jalur Pipa *Section* 1

No	Parameter	Besaran	Satuan
1	*Inside* Diameter	0.3175	M
2	*Pressure*	20.95	kg/cm²

Dilanjutkan,

Lanjutan Tabel 4.12

3	Temperature	350	°C
4	*Density*	7.419	kg/m³
5	*Velocity*	30.754	m/s
6	*Viscosity Dynamic*	0.00002225	kg/m.s
7	*Thermal Conductivities* Steam (k)	0.05144	W/m K
8	*Thermal Conductivities Carbon Steel* (k)	42.47	W/m K
9	*Thermal Conductivities Mineral Wool* (k)	0.083	W/m K
10	*Reynold Number*	3255822.315	
11	*Prandtl*	0.978	
12	*Spesific Heat* (CP)	2.236	kJ/kg K
13	*Nusselt*	3706.449	
14	*Heat Transfer Coefficient Steam* (h1)	600.503	W/m² K
15	*Heat Transfer Coefficient of Ambient* (h2)	0.169	W/m² K
16	Temperature 1 (*steam*)	623.15	K
17	Temperature 2 (*ambient*)	303.15	K
18	Area of Convection in Inside Pipe (As_1)	53.189	m²

Dilanjutkan,

Lanjutan Tabel 4.12

19	*Area of Convention in Insulation* (As_2)	76.325	m^2
20	r1	0.159	M
21	r2	0.178	M
22	r3	0.228	M
23	L	53.352	M

Dari beberapa data yang terdapat pada Tabel 4.12, terdiri dari data kondisi kerja pada sistem perpipaan dari keluaran boiler menuju HPSH. Beberapa data lain didapat dari hasil perhitungan seperti *reynold number*, *nusselt number*, *heat transfer coefficient steam*, dan *area of convection*. Berikut detail perhitungan dari masing-masing data tersebut:

- Perhitungan *reynold number*, menggunakan persamaan 2.2.

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu}$$

$$= \frac{30.754 \times 0.3175 \times 7.419}{0.00002225}$$

$$= 3.256 \times 10^6$$

- *Nusselt number (Turbulent Flow in Tubes)*, menggunakan persamaan 2.11.

$$Nu = 0.023 \times Re^{0.8} \times Pr^n$$

$$= 0.023 \times 3255822^{0.8} \times 0.978^{0.3}$$

$$= 3706.449$$

- *Heat transfer coefficient steam* (h_1), menggunakan persamaan 2.12.

$$h_1 = \frac{k}{D} \times Nu$$

$$= \frac{0.05144}{0.3175} \times 3706.449$$

$$= 600.503 \text{ W/m}^2\text{ K}$$

- *Area of convection in inside pipe*

  $As_1 = \pi \times ID \times L$

  $= 3.14 \times 0.3175 \times 53.352$

  $= 53.189\ m^2$

- *Area of convection in insulation*

  $As_2 = \pi \times (r3 \times 2) \times L$

  $= 3.14 \times (0.228 \times 2) \times 53.352$

  $= 76.352\ m^2$

Untuk mencari nilai dari *heat transfer coefficient of ambient* (h_2), diperlukan data *properties* lain. Data tersebut berupa data *properties* udara pada tekanan atmosfir (1 atm).

Tabel 4.13 Data *Properties* Udara 1 atm Pada Jalur Pipa *Section* 1

Parameter	**Besaran**	**Satuan**
Density	1.166	kg/m^3
Gravity (g)	9.81	m/s^2
T *surface* (*personal protection*)	333.15	K
T ***udara luar***	303.15	K
Dynamic viscosity (μ)	1.9302E-05	kg/ms
Kinematic viscosity (v)	0.00001655	m^2/s
Spesific heat (cp)	1.0059	kJ/kg K
Thermal conductivity (k)	0.0276	W/m K
T_F	318.15	K
Prandtl (Pr)	0.703	
Volume expansion coefficient β	0.00314	

Tabel 4.13 merupakan data *properties* udara pada tekanan atmosfir. Dari beberapa data tersebut dapat dilanjutkan untuk mencari nilai *rayleigh number* dan *nusselt number* pada *natural covection*. Berikut detail perhitungannya:

- *Rayleigh number*, menggunakan persamaan 2.13.

$$Ra_D = \frac{g\ \beta\ (T_S - T_\infty)\ D^3}{\vartheta^2}\ Pr$$

$$= \frac{9.81 \times 0.00314 \times (333.15 - 303.15) \times 0.4556^3}{0.00001655} \times 0.7026$$

$$= 224300427.4$$

- *Nusselt number* (*Natural Convection*), menggunakan persamaan 2.14.

$$Nu = \left(0.6 + \frac{0.387\ Ra_D^{1/6}}{\left[1 + \left(0.559/_{Pr}\right)^{9/16}\right]^{8/27}}\right)^2$$

$$= \left(0.6 + \frac{0.387 \times 224300427.4^{1/6}}{\left[1 + \left(0.559/_{0.70264}\right)^{9/16}\right]^{8/27}}\right)^2$$

$$= 2.781$$

Setelah nilai dari *nusselt number* diketahui, maka nilai h_2 dapat diketahui dengan perhitungan menggunakan persamaan 2.12.

- *Heat transfer coefficient of ambient* (h_2)

$$h_2 = \frac{k}{D} \times Nu$$

$$= \frac{0.0276}{0.4556} \times 2.781$$

$$= 0.169 \quad W/m^2\ K$$

4.8.2 Contoh Perhitungan *Heat Loss*

Nilai panas yang hilang atau *heat loss* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.21 dan 2.22. Perhitungan dapat dilakukan setelah beberapa data yang dibutuhkan seperti data-data yang di jelaskan pada poin 4.8.1. terpenuhi. Berikut detail perhitungan nilai *heat loss* pada jalur perpipaan *section* 1.

Perhitungan Tahanan *thermal* (*thermal resistance*), menggunakan persamaan 2.10.

- R konveksi 1

$$R_{conv\ 1} = \frac{1}{h_1\ A_s}$$

$$= \frac{1}{600.503 \times 53.189}$$

$$= 0.0000313\ °K/W$$

- R *cylinder* 1 (pipa)

$$R_{cyl\ 1} = \frac{ln\frac{r_2}{r_1}}{2\pi L k_1}$$

$$= \frac{ln\frac{0.178}{0.159}}{2 \times 3.14 \times 53.35 \times 51}$$

$$= 0.00000796\ °K/W$$

- R *cylinder* 2 (isolasi)

$$R_{cyl\ 2} = \frac{ln\frac{r_3}{r_2}}{2\pi L k_1}$$

$$= \frac{ln\frac{0.228}{0.178}}{2 \times 3.14 \times 53.35 \times 0.083}$$

$$= 0.00892\ °K/W$$

- R konveksi 2

$$R_{conv} = \frac{1}{h_2\, A_S}$$

$$= \frac{1}{0.1687 \times 76.325}$$

$$= 0.0777 \ \ °K/W$$

- R total

$$R\ total = R\ konveksi\ 1 + R\ cylinder\ 1 + R\ cylinder\ 2 + R\ konveksi 2$$

$$= 0.0000313 + 0.00000796 + 0.00892 + + 0.0777$$

$$= 0.0866 \ \ °K/W$$

Sehingga,

Kehilangan panas *(heat loss)* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.9.

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}}$$

$$= \frac{623.15 - 303.15}{0.0866}$$

$$= 3693.971 \ \ W$$

$$= 69.237 \ \ W/m$$

4.8.3 Temperatur Setelah Reisolasi

Proses reisolasi yang dilakukan diharapkan dapat menaikkan suhu uap dari keluaran boiler menuju turbin. Hal tersebut dikarena isolasi pada desain *existing* sudah banyak mengalami kerusakan sehingga dapat menjadikan proses produksi tidak efektif. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk suhu masuk HPSH dari keluaran boiler Yoshimine 1 (Jalur pipa *section* 1).

Tabel 4.14 Laju Aliran Massa dan *Enthalpy* Jalur Pipa *Section* 1

No	Parameter	Besaran	Satuan
1	*m*	18.05	kg/s
2	*Enthalpy in* (H1)	3136.49	kj/kg
3	*Enthalpy out* (H2)	3136.29	kj/kg

Detail perhitungan:

$$
\begin{aligned}
\Delta T &= \Delta H \times Spesific\ Heat\ (Cp) \\
&= (\text{ H1} - \text{H2 }) \times Spesific\ Heat\ (Cp) \\
&= (3136.495 - 3136.29) \times 2.236 \\
&= 0.4574\ K
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\text{Temperatur masuk HPSH} &= \text{T1} - \Delta T \\
&= 623.15 - 0.4574 \\
&= 622.69\ K \\
\text{T2} &= 349.54\ °C
\end{aligned}
$$

Untuk semua hasil perhitungan *heat loss* dari jalur redesain dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan *Heat Loss* Jalur Redesain

Jalur pipa	Temperature Masuk HPSH		*Heat Loss*	
	K	°C	W	W/m
Section 1	622.69	349.54	3693.97	69.24
Section 2	620.28	347.13	6641.29	68.77
Section 3	620.35	347.19	4864.22	64.44

Dilanjutkan,

Lanjutan Tabel 4.15

Jalur pipa		Temperature Masuk Turbin		*Heat Loss*	
		K	°C	W	W/m
Section 4: Turbin SHINKO	14”	621.16	348.01	1381.45	69.31
	12”	621.12	347.97	276.26	67.63
Section 5: Turbin SNM	14”	621.12	347.97	1742.08	69.31
	12”	621.05	347.90	494.64	67.62

Tabel 4.16 Perbandingan Temperatur Masuk Turbin

Jalur Pipa	**P_{in} (kg/cm^2)**	
	Existing	Redesain
Section 4: Turbin SHINKO	330	374.97
Section 5: Turbin SNM	320	347.90

Temperature rata-rata masuk turbin pada desain *existing* adalah 325 °C. Sedangkan pada jalur redesain temperature rata-rata masuk turbin adalah 347.9 °C. Temperatur rata-rata masuk turbin meningkat 22.9 °C, dengan prosentase kenaikan 7.05%.

4.9. Perhitungan Biaya Redesain

Dari proses redesain dilakukan perhitungan biaya kalkulasi dari desain yang direkomendasikan. Perhitungan didasarkan dari kebutuhan material yang digunakan dan proses pengerjaan jalur redesain. Berikut perhitungan terkait biaya yang dibutuhkan untuk proses redesain.

Tabel 4.17 Biaya Material Section 1

No	Component Description	Length mm	Quantity	Price	Total
1	Pipe A 106 Gr B Seamless Sch. 80 14 Inch @ 6 m	53352	9	Rp 12,495,000	Rp 112,455,000
2	90 Deg. Elbow A 234 Gr WPB Seamless 14 Inch	-	6	Rp 3,262,600	Rp 19,575,600
3	Flange SW A 105 14 Inch	-	5	Rp 1,035,000	Rp 5,175,000
4	Flange Blind A 105 14 Inch	-	1	Rp 3,624,000	Rp 3,624,000
5	Globe Valve SW A 105 14 Inch	-	2	Rp 82,333,500	Rp 164,667,000
6	Tee BW A 234 Gr WPB Seamless 14 Inch	-	1	Rp 5,000,000	Rp 5,000,000
7	Mineral Wool (120 x 60 x 5 cm)	-	89	Rp 65,000	Rp 5,785,000
					Rp 316,281,600

Tabel 4.18 Biaya Material Section 2

No	Component Description	Length mm	Quantity	Price	Total
1	Pipe A 106 Gr B Seamless Sch. 80 14 Inch @ 6 m	96575	17	Rp 12,495,000	Rp 212,415,000
2	90 Deg. Elbow A 234 Gr WPB Seamless 14 Inch	-	7	Rp 3,262,600	Rp 22,838,200
3	Flange SW A 105 14 Inch	-	4	Rp 1,035,000	Rp 4,140,000
4	Tee BW A 234 Gr WPB Seamless 14 Inch	-	1	Rp 5,000,000	Rp 5,000,000
5	Globe Valve SW A 105 14 Inch	-	2	Rp 82,333,500	Rp 164,667,000
6	Mineral Wool (120 x 60 x 5 cm)	-	161	Rp 65,000	Rp 10,465,000
					Rp 419,525,200

Tabel 4.19 Biaya Material Section 3

No	Component Description	Length mm	Quantity	Price	Total
1	Pipe A 106 Gr B Seamless Sch. 80 10 Inch @ 6 m	75487	13	Rp 5,460,000	Rp 70,980,000
2	90 Deg. Elbow A 234 Gr WPB Seamless 10 Inch	-	14	Rp 1,239,800	Rp 17,357,200
3	45 Deg. Elbow A 234 Gr WPB Seamless 10 Inch	-	2	Rp 844,600	Rp 1,689,200
4	Flange SW A 105 10 Inch	-	4	Rp 395,000	Rp 1,580,000
5	Globe Valve SW A 105 10 Inch	-	1	Rp 33,745,600	Rp 33,745,600
6	Mineral Wool (120 x 60 x 5 cm)	-	84	Rp 65,000	Rp 5,460,000
					Rp 130,812,000

Tabel 4.20 Total Biaya Material

No	Jalur Pipa	Biaya Material
1	Section 1	Rp 316,281,600
2	Section 2	Rp 419,525,200
3	Section 3	Rp 130,812,000
		Rp 866,618,800

Dari total biaya yang didapatkan dilakukan pembesaran 10% dari hasil perhitungan dan didapat total biaya untuk material sebesar Rp 953,280,680. Biaya material tersebut dikalkulasikan sekitar 75% dari total biaya yang dibutuhkan untuk proses redesain. Sehingga, biaya untuk proses pengerjaan dikalkulasikan sebesar 25% dari total biaya yang dibutuhkan, dengan nominal sebesar Rp 317,760,227 dan dengan total biaya dari proses redesain sebesar Rp 1,271,040,907.

LAMPIRAN

A. Data Terkait Tinjauan Pustaka.
B. *Standart Drawing.*
C. Desain *Drawing*.
D. Data Perhitungan
E. Hasil Perhitungan

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

Lampiran A

Tabel A.1. Jenis material dan penggunaannya berdasarkan suhu kerja

	Design Temperature (deg F)	Design Temperature (deg C)	Material	Plate	Pipe	Tube	Forgings	Fittings	Bolting
Cryogenic	-425 to -321	-250 to -196	Stainless Steel	SA-240-304, 304L, 347, 316, 316L	SA-312-304, 304L, 347, 316, 316L	SA-213-TP304, TP304L, TP347, TP316, TP316L	SA-182-304, 304L, 347, 316, 316L	SA-403-304, 304L, 347, 316, 316L	SA-320-B8 with SA-194-8
	-320 to -151	-195 to -102	9 nickel	SA-353	SA-333-8	SA-334-8	SA-522-1	SA-420-WPL8	
Low Temperature	-150 to -76	-101 to -60	3-1/2 nickel	SA-203-D	SA-333-3	SA-334-3	SA-350-LF3	SA-420-WPL3	SA-320-L7 with SA-194-4
	-75 to -51	-59 to -46	3-1/2 nickel	SA-203-A					
	-50 to -21	-45 to -29	Carbon Steel	SA-516-65, 60 to SA-20	SA-333-6	SA-334-6	SA-350-LF2	SA-420-WPL6	
	-20 to 4	-28 to -16		SA-516-All	SA-333-1 or 6	SA-334-1 or 6			
	5 to 32	-15 to 0		SA-285-C	SA-53-B SA-106-B	SA-178-C or D SA-192 SA-210-A1	SA-105 SA-181-60, 70	SA-234-WPB	SA-193-B7 with SA-194-2H
Intermediate	33 to 60 61 to 775	1 to 16 17 to 413		SA-516-All SA-515-All SA-455	SA-106-C	SA-210-C		SA-234-WPC	
Elevated Temperature	776 to 875	414 to 468	C-1/2Mo	SA-204-B	SA-335-P1	SA-213-T2 or T12 with 0.045 max Sulfur	SA-182-F1	SA-234-WP1	
	876 to 1000	469 to 538	1Cr-1/2Mo	SA-387-12 CL.1	SA-335-P12	SA-213-T12	SA-182-F12	SA-234-WP12	
			1-1/4Cr - 1/2Mo	SA-387-11 CL.2	SA-335-P11	SA-213-T11	SA-182-F11	SA-234-WP11	
	1001 to 1100	539 to 593	2-1/4Cr - 1Mo	SA-387-22 CL.1	SA-335-P22	SA-213-T22	SA-182-F22	SA-234-WP22	SA-193-B5 with SA-194-3
			9Cr - 1Mo	SA-387-91 CL.2	SA-335-P91	SA-213-T91	SA-182-F91	SA-234-WP91	
	1101 to 1500	594 to 816	Stainless Steel	SA-240-347H	SA-312-347H	SA-213-TP347H	SA-182-347H	SA-403-347H	SA-193-B8 with SA-194-8
			Incoloy	SB-424	SB-423		SB-425	SB-366	
	Above 1500	Above 816	Inconel	SB-443	SB-444		SB-446	SB-366	

Sumber: ASME Section II – A, 2010.

Tabel A.2 *Values of Coefficient Y*

Materials	Temperature, °C (°F) ≤ 482 (900 & Lower)	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	≥ 621 (1,150 & Up)
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Other ductile metals	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Cast iron	0.0	...	...	...	...	...

(Sumber: ASME-B31.3, 2008)

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASSES 2 AND 3;* SECTION VIII, DIVISION 1; AND SECTION XII
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec No.	Type/Grade	Alloy Designation/ UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/Thickness, mm	P-No.	Group No.
1	Carbon steel	Smls. & wld. pipe	SA-333	1	K03008	...	...	1	1
2	Carbon steel	Smls. & wld. tube	SA-334	1	K03008	...	...	1	1
3	Carbon steel	Wld. tube	SA-334	1	K03008	...	...	1	1
4	Carbon steel	Plate	SA-516	55	K01800	...	...	1	1
5	Carbon steel	Smls. pipe	SA-524	II	K02104	...	...	1	1
6	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CA55	K02801	...	...	1	1
7	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CE55	K02202	...	...	1	1
8	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	A55	K02801	...	...	1	1
9	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	B55	K02001	...	...	1	1
10	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	C55	K01800	...	...	1	1
11	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	E55	K02202	...	...	1	1
12	Carbon steel	Sheet	SA-414	C	K02503	...	...	1	1
13	Carbon steel	Plate	SA/EN 10028-3	P275NH	...	...	≤50	1	1
14	Carbon steel	Bar	SA-36	...	K02600	...	...	1	1
15	Carbon steel	Plate, sheet	SA-36	...	K02600	...	...	1	1
16	Carbon steel	Plate, sheet	SA-662	A	K01701	...	...	1	1
17	Carbon steel	Forgings	SA-181	...	K03502	60	...	1	1
18	Carbon steel	Castings	SA-216	WCA	J02502	...	...	1	1
19	Carbon steel	Forgings	SA-266	1	K03506	...	...	1	1
20	Carbon steel	Forgings	SA-350	LF1	K03009	1	...	1	1
21	Carbon steel	Castings	SA-352	LCA	J02504	...	...	1	1
22	Carbon steel	Cast pipe	SA-660	WCA	J02504	...	...	1	1
23	Carbon steel	Bar	SA-675	60	...	...	...	1	1
24	Carbon steel	Bar	SA-675	60	...	...	...	1	1
25	Carbon steel	Forgings	SA-765	I	K03046	...	...	1	1
26	Carbon steel	Plate	SA-515	60	K02401	...	...	1	1
27	Carbon steel	Plate	SA-516	60	K02100	...	...	1	1
28	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CB60	K02401	...	...	1	1
29	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CC60	K02100	...	...	1	1
30	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CE60	K02402	...	...	1	1
31	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	B60	K02401	...	...	1	1
32	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	C60	K02100	...	...	1	1
33	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	E60	K02402	...	...	1	1
34	Carbon steel	Wld. pipe	SA-134	A283D	K02702	...	...	1	1
35	Carbon steel	Plate	SA-283	D	K02702	...	...	1	1
36	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/B	K03005	...	...	1	1
37	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/B	K03005	...	...	1	1
38	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/B	K03005	...	...	1	1
39	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/B	K03005	...	...	1	1
40	Carbon steel	Smls. pipe	SA-106	B	K03006	...	...	1	1
41	Carbon steel	Wld. pipe	SA-135	B	...	...	...	1	1
42	Carbon steel	Smls. & wld. fittings	SA-234	WPB	K03006	...	...	1	1

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASSES 2 AND 3;* SECTION VIII, DIVISION 1; AND SECTION XII MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Min. Tensile Strength, MPa	Min. Yield Strength, MPa	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only) I	III	VIII-1	XII	External Pressure Chart No.	Notes
1	380	205	NP	371	343	343	CS-2	W12, W14
2	380	205	NP	371	343	343	CS-2	W12, W14
3	380	205	NP	NP	343	343	CS-2	G24, W6
4	380	205	454	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
5	380	205	NP	NP	538	343	CS-2	G10, T2
6	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
7	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
8	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
9	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
10	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
11	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
12	380	230	NP	371	482	343	CS-2	G10, T1
13	390	265	NP	NP	204	204	CS-2	G10
14	400	250	343	343 (SPT)	482	343	CS-2	G10, G15, T1
15	400	250	NP	371	343	343	CS-2	G9, G10, T1
16	400	275	NP	NP	371	343	CS-2	T1
17	415	205	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
18	415	205	538	371	538	343	CS-2	G1, G10, G17, S1, T2
19	415	205	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
20	415	205	NP	371	538	343	CS-2	G10, T2
21	415	205	NP	371	NP	NP	CS-2	G17
22	415	205	538	371	NP	NP	CS-2	G1, G10, G17, S1, T2
23	415	205	454	371 (SPT)	NP	NP	CS-2	G10, G15, S1, T2
24	415	205	NP	343 (Cl. 3 only)	482	343	CS-2	G10, G22, T2
25	415	205	NP	NP	538	343	CS-2	G10, T2
26	415	220	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
27	415	220	454	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
28	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
29	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
30	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
31	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
32	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
33	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
34	415	230	NP	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	W12
35	415	230	NP	149 (Cl. 3 only)	343	343	CS-2	...
36	415	240	482	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1, W12, W13
37	415	240	482	NP	482	343	CS-2	G3, G10, G24, S1, T1, W6
38	415	240	482	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1
39	415	240	NP	371 (SPT)	482	343	CS-2	G10, T1
40	415	240	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T1
41	415	240	NP	NP	482	343	CS-2	G24, T1, W6
42	415	240	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T1

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASSES 2 AND 3;* SECTION VIII, DIVISION 1; AND SECTION XII MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Min. Tensile Strength, MPa	Min. Yield Strength, MPa	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only) I	III	VIII-1	XII	External Pressure Chart No.	Notes
1	380	205	NP	371	343	343	CS-2	W12, W14
2	380	205	NP	371	343	343	CS-2	W12, W14
3	380	205	NP	NP	343	343	CS-2	G24, W6
4	380	205	454	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
5	380	205	NP	NP	538	343	CS-2	G10, T2
6	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
7	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
8	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
9	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
10	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
11	380	205	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
12	380	230	NP	371	482	343	CS-2	G10, T1
13	390	265	NP	NP	204	204	CS-2	G10
14	400	250	343	343 (SPT)	482	343	CS-2	G10, G15, T1
15	400	250	NP	371	343	343	CS-2	G9, G10, T1
16	400	275	NP	NP	371	343	CS-2	T1
17	415	205	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
18	415	205	538	371	538	343	CS-2	G1, G10, G17, S1, T2
19	415	205	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
20	415	205	NP	371	538	343	CS-2	G10, T2
21	415	205	NP	371	NP	NP	CS-2	G17
22	415	205	538	371	NP	NP	CS-2	G1, G10, G17, S1, T2
23	415	205	454	371 (SPT)	NP	NP	CS-2	G10, G15, S1, T2
24	415	205	NP	343 (Cl. 3 only)	482	343	CS-2	G10, G22, T2
25	415	205	NP	NP	538	343	CS-2	G10, T2
26	415	220	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
27	415	220	454	371	538	343	CS-2	G10, S1, T2
28	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
29	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
30	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
31	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
32	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
33	415	220	NP	371	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
34	415	230	NP	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	W12
35	415	230	NP	149 (Cl. 3 only)	343	343	CS-2	...
36	415	240	482	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1, W12, W13
37	415	240	482	NP	482	343	CS-2	G3, G10, G24, S1, T1, W6
38	415	240	482	149 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1
39	415	240	NP	371 (SPT)	482	343	CS-2	G10, T1
40	415	240	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T1
41	415	240	NP	NP	482	343	CS-2	G24, T1, W6
42	415	240	538	371	538	343	CS-2	G10, S1, T1

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASSES 2 AND 3;* SECTION VIII, DIVISION 1; AND SECTION XII
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line	Maximum Allowable Stress, MPa (Multiply by 1000 to Obtain kPa), for Metal Temperature, °C, Not Exceeding														
No.	−30 to 40	65	100	125	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475
1	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	...	...	...	...
2	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	...	...	...	...
3	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	90.8	88.7	86.2	...	...	...	...	...
4	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
5	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
6	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	...	...	...	...
7	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	...	...	...	...
8	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	...	...	...	...
9	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	...	...	...	...
10	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	...	...	...	...
11	108	108	108	108	108	108	108	107	104	101	97.8	...	...	...	...
12	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	*106*	*88.8*	*75.2*	*62.6*	*45.9*
13	111	111	111	111	111	111	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	*105*	*88.9*	*75.3*	*62.6*	*45.9*
15	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	*105*	...	...	...	...
16	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	*105*	...	...	...	...
17	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
18	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
19	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
20	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
21	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	...	...	...	...
22	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
23	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
24	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
25	118	118	118	118	118	118	114	107	104	101	97.8	*89.1*	*75.4*	*62.6*	*45.5*
26	118	118	118	118	118	118	118	115	112	108	104	*88.9*	*75.3*	*62.7*	*45.5*
27	118	118	118	118	118	118	118	115	112	108	104	*88.9*	*75.3*	*62.7*	*45.5*
28	118	118	118	118	118	118	118	115	112	108	104	...	...	...	...
29	118	118	118	118	118	118	118	115	112	108	104	...	...	...	...
30	118	118	118	118	118	118	118	115	112	108	104	...	...	...	...
31	118	118	118	118	118	118	118	115	112	108	104	...	...	...	...
32	118	118	118	118	118	118	118	115	112	108	104	...	...	...	...
33	118	118	118	118	118	118	118	115	112	108	104	...	...	...	...
34	118	118	118	118	118	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
35	118	118	118	118	118	118	118	118	115	111	...	...	...	...	...
36	118	118	118	118	118	118	118	118	118	117	*105*	*88.9*	*75.3*	*62.7*	*45.5*
37	101	101	101	101	101	101	101	101	101	99.7	*89.7*	*75.9*	*64.1*	*53.3*	*38.6*
38	118	118	118	118	118	118	118	118	118	117	*105*	*88.9*	*75.3*	*62.7*	*45.5*
39	118	118	118	118	118	118	118	118	118	117	*105*	*88.9*	*75.3*	*62.7*	*45.5*
40	118	118	118	118	118	118	118	118	118	117	*105*	*88.9*	*75.3*	*62.7*	*45.5*
41	101	101	101	101	101	101	101	101	101	99.7	*89.7*	*75.9*	*64.1*	*53.3*	*38.6*
42	118	118	118	118	118	118	118	118	118	117	*105*	*88.9*	*75.3*	*62.7*	*45.5*

Table A-1B Basic Quality Factors for Longitudinal Weld Joints in Pipes, Tubes, and Fittings, E_j

These quality factors are determined in accordance with para. 302.3.4(a). See also para. 302.3.4(b) and Table 302.3.4 for increased quality factors applicable in special cases. Specifications, except API, are ASTM.

Spec. No.	Class (or Type)	Description	E_j (2)	Appendix A Notes
Carbon Steel				
API 5L	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
	...	Electric fusion welded pipe, double butt, straight or spiral seam	0.95	...
	...	Furnace butt welded	0.60	...
A 53	Type S	Seamless pipe	1.00	...
	Type E	Electric resistance welded pipe	0.85	...
	Type F	Furnace butt welded pipe	0.60	...
A 105	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 106	...	Seamless pipe	1.00	...
A 134	...	Electric fusion welded pipe, single butt, straight or spiral seam	0.80	...
A 135	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 139	...	Electric fusion welded pipe, straight or spiral seam	0.80	...
A 179	...	Seamless tube	1.00	...
A 181	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 234	...	Seamless and welded fittings	1.00	(16)
A 333	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 334	...	Seamless tube	1.00	...
A 350	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 369	...	Seamless pipe	1.00	...
A 381	...	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	(18)
	...	Electric fusion welded pipe, spot radiographed	0.90	(19)
	...	Electric fusion welded pipe, as manufactured	0.85	...
A 420	...	Welded fittings, 100% radiographed	1.00	(16)
A 524	...	Seamless pipe	1.00	...
A 587	...	Electric resistance welded pipe	0.85	...
A 671	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
A 672	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
A 691	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	...
Low and Intermediate Alloy Steel				
A 182	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A 234	...	Seamless and welded fittings	1.00	(16)
A 333	...	Seamless pipe	1.00	...
	...	Electric resistance welded pipe	0.85	(78)
A 334	...	Seamless tube	1.00	...
A 335	...	Seamless pipe	1.00	...
A 350	...	Forgings and fittings	1.00	...
A 369	...	Seamless pipe	1.00	...
A 420	...	Welded fittings, 100% radiographed	1.00	(16)
A 671	12, 22, 32, 42, 52	Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
	13, 23, 33, 43, 53	Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.85	(78)

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

Lampiran B

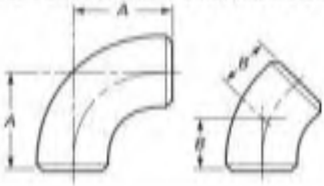
Tabel B. ASME/ANSI B36.10/19 – Pipe Size

Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification: Steel: Iron Pipe Size	Identification: Steel: Schedule No.	Identification: Stainless Steel Schedule No.	Wall Thickness - t - (inches)	Inside Diameter - d - (inches)	Area of Metal (square inches)	Transverse Internal Area - a - (square inches)	Transverse Internal Area - A - (square feet)	Moment of Inertia - - I - ($inches^4$)	Weight Pipe (pounds per foot)	Weight Water (pounds per foot)	External Surface (square feet per foot of pipe)	Elastic Section Modulus (in^3)
6	6.625	-	-	5S	.109	6.407	2.231	32.24	.2239	11.85	7.60	13.97	1.734	3.576
		-	-	10S	.134	6.357	2.733	31.74	.2204	14.40	9.29	13.75	1.734	4.346
		STD	40	40S	.280	6.065	5.581	28.89	.2006	28.14	18.97	12.51	1.734	8.496
		XS	80	80S	.432	5.761	8.405	26.07	.1810	40.49	28.57	11.29	1.734	12.22
		-	120	-	.562	5.501	10.70	23.77	.1650	49.61	36.39	10.30	1.734	14.98
		-	160	-	.718	5.187	13.32	21.15	.1469	58.97	45.35	9.16	1.734	17.81
		XXS	-	-	.864	4.897	15.64	18.84	.1308	66.33	53.16	8.16	1.734	20.02
8	8.625	-	-	5S	.109	8.407	2.916	55.51	.3855	26.44	9.93	24.06	2.258	6.131
		-	-	10S	.148	8.329	3.941	54.48	.3784	35.41	13.40	23.61	2.258	8.212
		-	20	-	.250	8.125	6.57	51.85	.3601	57.72	22.36	22.47	2.258	13.39
		-	30	-	.277	8.071	7.26	51.16	.3553	63.35	24.70	22.17	2.258	14.69
		STD	40	40S	.322	7.981	8.40	50.03	.3474	72.49	28.55	21.70	2.258	16.81
		-	60	-	.406	7.813	10.48	47.94	.3329	88.73	35.64	20.77	2.258	20.58
		XS	80	80S	.500	7.625	12.76	45.66	.3171	105.7	43.39	19.78	2.258	24.51
		-	100	-	.594	7.437	14.96	43.46	.3018	121.3	50.95	18.83	2.258	28.14
		-	120	-	.719	7.187	17.84	40.59	.2819	140.5	60.71	17.59	2.258	32.58
		-	140	-	.812	7.001	19.93	38.50	.2673	153.7	67.76	16.68	2.258	35.65
		XXS	-	-	.875	6.875	21.30	37.12	.2578	162.0	72.42	16.10	2.258	37.56
		-	160	-	.906	6.813	21.97	36.46	.2532	165.9	74.69	15.80	2.258	38.48
10	10.750	-	-	5S	.134	10.482	4.36	86.29	.5992	63.0	15.19	37.39	2.814	11.71
		-	-	10S	.165	10.420	5.49	85.28	.5922	76.9	18.65	36.95	2.814	14.30
		-	20	-	.250	10.250	8.24	82.52	.5731	113.7	28.04	35.76	2.814	21.15
		-	30	-	.307	10.136	10.07	80.69	.5603	137.4	34.24	34.96	2.814	25.57
		STD	40	40S	.365	10.020	11.90	78.86	.5475	160.7	40.48	34.20	2.814	29.90
		XS	60	80S	.500	9.750	16.10	74.66	.5185	212.0	54.74	32.35	2.814	39.43
		-	80	-	.594	9.562	18.92	71.84	.4989	244.8	64.43	31.13	2.814	45.54
		-	100	-	.719	9.312	22.63	68.13	.4732	286.1	77.03	29.53	2.814	53.22
		-	120	-	.844	9.062	26.24	64.53	.4481	324.2	89.29	27.96	2.814	60.32
		-	140	-	1.000	8.750	30.63	60.13	.4176	367.8	104.13	26.06	2.814	68.43
		-	160	-	1.125	8.500	34.02	56.75	.3941	399.3	115.64	24.59	2.814	74.29

Lanjutan Tabel B. ASME/ANSI B36.10/19 – Pipe Size

Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification			Wall Thickness - *t* - (inches)	Inside Diameter - *d* - (inches)	Area of Metal (square inches)	Transverse Internal Area		Moment of Inertia - - *I* - (inches^4)	Weight Pipe (pounds per foot)	Weight Water (pounds per foot)	External Surface (square feet per foot of pipe)	Elastic Section Modulus (in^3)
		Steel: Iron Pipe Size	Steel: Schedule No.	Stainless Steel Schedule No.				- *a* - (square inches)	- *A* - (square feet)					
		.	.	5S	.156	12.438	6.17	121.50	.8438	122.4	20.98	52.65	3.338	19.2
		.	.	10S	.180	12.390	7.11	120.57	.8373	140.4	24.17	52.25	3.338	22.0
		.	20	.	.250	12.250	9.82	117.86	.8185	191.8	33.38	51.07	3.338	30.2
		.	30	.	.330	12.090	12.87	114.80	.7972	248.4	43.77	49.74	3.338	39.0
		STD	.	40S	.375	12.000	14.58	113.10	.7854	279.3	49.56	49.00	3.338	43.8
		.	40	.	.406	11.938	15.77	111.93	.7773	300.3	53.52	48.50	3.338	47.1
12	12.75	XS	.	80S	.500	11.750	19.24	108.43	.7528	361.5	65.42	46.92	3.338	56.7
		.	60	.	.562	11.626	21.52	106.16	.7372	400.4	73.15	46.00	3.338	62.8
		.	80	.	.688	11.374	26.03	101.64	.7058	475.1	88.63	44.04	3.338	74.6
		.	100	.	.844	11.062	31.53	96.14	.6677	561.6	107.32	41.66	3.338	88.1
		.	120	.	1.000	10.750	36.91	90.76	.6303	641.6	125.49	39.33	3.338	100.7
		.	140	.	1.125	10.500	41.08	86.59	.6013	700.5	139.67	37.52	3.338	109.9
		.	160	.	1.312	10.126	47.14	80.53	.5592	781.1	160.27	34.89	3.338	122.6
		.	.	5S	156	13.688	6.78	147.15	1.0219	162.6	23.07	63.77	3.665	23.2
		.	.	10S	.188	13.624	8.16	145.78	1.0124	194.6	27.73	63.17	3.665	27.8
		.	10	.	.250	13.500	10.80	143.14	.9940	255.3	36.71	62.03	3.665	36.6
		.	20	.	.312	13.376	13.42	140.52	.9758	314.4	45.61	60.89	3.665	45.0
		STD	30	.	.375	13.250	16.05	137.88	.9575	372.8	54.57	59.75	3.665	53.2
		.	40	.	.438	13.124	18.66	135.28	.9394	429.1	63.44	58.64	3.665	61.3
14	14.00	XS	.	.	.500	13.000	21.21	132.73	.9217	483.8	72.09	57.46	3.665	69.1
		.	60	.	.594	12.812	24.98	128.96	.8956	562.3	85.05	55.86	3.665	80.3
		.	80	.	.750	12.500	31.22	122.72	.8522	678.3	106.13	53.18	3.665	98.2
		.	100	.	.938	12.124	38.45	115.49	.8020	824.4	130.85	50.04	3.665	117.8
		.	120	.	1.094	11.812	44.32	109.62	.7612	929.6	150.79	47.45	3.665	132.8
		.	140	.	1.250	11.500	50.07	103.87	.7213	1027.0	170.28	45.01	3.665	146.8
		..	160	.	1.406	11.188	55.63	98.31	.6827	1117.0	189.11	42.60	3.665	159.6

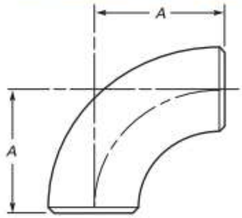
Table 1 Dimensions of Long Radius Elbows



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Center-to-End 90-deg Elbows, A	Center-to-End 45-deg Elbows, B
1/2	21.3	38	16
3/4	26.7	38	19
1	33.4	38	22
1 1/4	42.2	48	25
1 1/2	48.3	57	29
2	60.3	76	35
2 1/2	73.0	95	44
3	88.9	114	51
3 1/2	101.6	133	57
4	114.3	152	64
5	141.3	190	79
6	168.3	229	95
8	219.1	305	127
10	273.0	381	159
12	323.8	457	190
14	355.6	533	222
16	406.4	610	254
18	457.0	686	286
20	508.0	762	318
22	559.0	838	343
24	610.0	914	381
26	660.0	991	406
28	711.0	1 067	438
30	762.0	1 143	470
32	813.0	1 219	502
34	864.0	1 295	533
36	914.0	1 372	565
38	965.0	1 448	600
40	1 016.0	1 524	632
42	1 067.0	1 600	660
44	1 118.0	1 676	695
46	1 168.0	1 753	727
48	1 219.0	1 829	759

GENERAL NOTE: All dimensions are in millimeters.

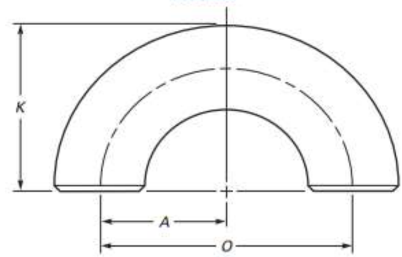
Table 4 Dimensions of Short Radius Elbows



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Center-to-End, *A*
1	33.4	25
$1\frac{1}{4}$	42.2	32
$1\frac{1}{2}$	48.3	38
2	60.3	51
$2\frac{1}{2}$	73.0	64
3	88.9	76
$3\frac{1}{2}$	101.6	89
4	114.3	102
5	141.3	127
6	168.3	152
8	219.1	203
10	273.0	254
12	323.8	305
14	355.6	356
16	406.4	406
18	457.0	457
20	508.0	508
22	559.0	559
24	610.0	610

GENERAL NOTE: All dimensions are in millimeters.

Table 5 Dimensions of Short Radius 180-deg Returns



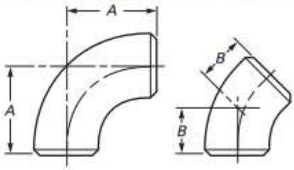
Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Center-to-Center, *O*	Back-to-Face, *K*
1	33.4	51	41
$1\frac{1}{4}$	42.2	64	52
$1\frac{1}{2}$	48.3	76	62
2	60.3	102	81
$2\frac{1}{2}$	73.0	127	100
3	88.9	152	121
$3\frac{1}{2}$	101.6	178	140
4	114.3	203	159
5	141.3	254	197
6	168.3	305	237
8	219.1	406	313
10	273.0	508	391
12	323.8	610	467
14	355.6	711	533
16	406.4	813	610
18	457.0	914	686
20	508.0	1 016	762
22	559.0	1 118	838
24	610.0	1 219	914

GENERAL NOTES:

(a) All dimensions are in millimeters.

(b) Dimension *A* is equal to one-half of dimension *O*.

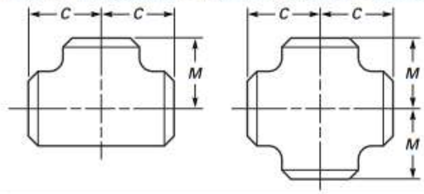
Table 6 Dimensions of 3D Elbows



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Center-to-End 90-deg Elbows, *A*	Center-to-End 45-deg Elbows, *B*
$\frac{3}{4}$	26.7	57	24
1	33.4	76	31
$1\frac{1}{4}$	42.2	95	39
$1\frac{1}{2}$	48.3	114	47
2	60.3	152	63
$2\frac{1}{2}$	73.0	190	79
3	88.9	229	95
$3\frac{1}{2}$	101.6	267	111
4	114.3	305	127
5	141.3	381	157
6	168.3	457	189
8	219.1	610	252
10	273.0	762	316
12	323.8	914	378
14	355.6	1 067	441
16	406.4	1 219	505
18	457.0	1 372	568
20	508.0	1 524	632
22	559.0	1 676	694
24	610.0	1 829	757
26	660.0	1 981	821
28	711.0	2 134	883
30	762.0	2 286	964
32	813.0	2 438	1 010
34	864.0	2 591	1 073
36	914.0	2 743	1 135
38	965.0	2 896	1 200
40	1 016.0	3 048	1 264
42	1 067.0	3 200	1 326
44	1 118.0	3 353	1 389
46	1 168.0	3 505	1 453
48	1 219.0	3 658	1 516

GENERAL NOTE: All dimensions are in millimeters.

Table 7 Dimensions of Straight Tees and Crosses



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel	Center-to-End Run, *C*	Center-to-End Outlet, *M* [Notes (1) and (2)]
$\frac{1}{2}$	21.3	25	25
$\frac{3}{4}$	26.7	29	29
1	33.4	38	38
$1\frac{1}{4}$	42.2	48	48
$1\frac{1}{2}$	48.3	57	57
2	60.3	64	64
$2\frac{1}{2}$	73.0	76	76
3	88.9	86	86
$3\frac{1}{2}$	101.6	95	95
4	114.3	105	105
5	141.3	124	124
6	168.3	143	143
8	219.1	178	178
10	273.0	216	216
12	323.8	254	254
14	355.6	279	279
16	406.4	305	305
18	457.0	343	343
20	508.0	381	381
22	559.0	419	419
24	610.0	432	432
26	660.0	495	495
28	711.0	521	521
30	762.0	559	559
32	813.0	597	597
34	864.0	635	635
36	914.0	673	673
38	965.0	711	711
40	1 016.0	749	749
42	1 067.0	762	711
44	1 118.0	813	762
46	1 168.0	851	800
48	1 219.0	889	838

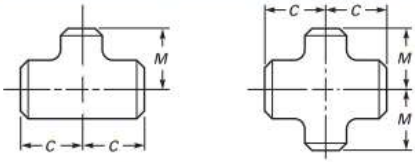
GENERAL NOTE: All dimensions are in millimeters.

NOTES:

(1) Outlet dimension *M* for NPS 26 and larger is recommended but not required.

(2) Dimensions applicable to crosses NPS 24 and smaller.

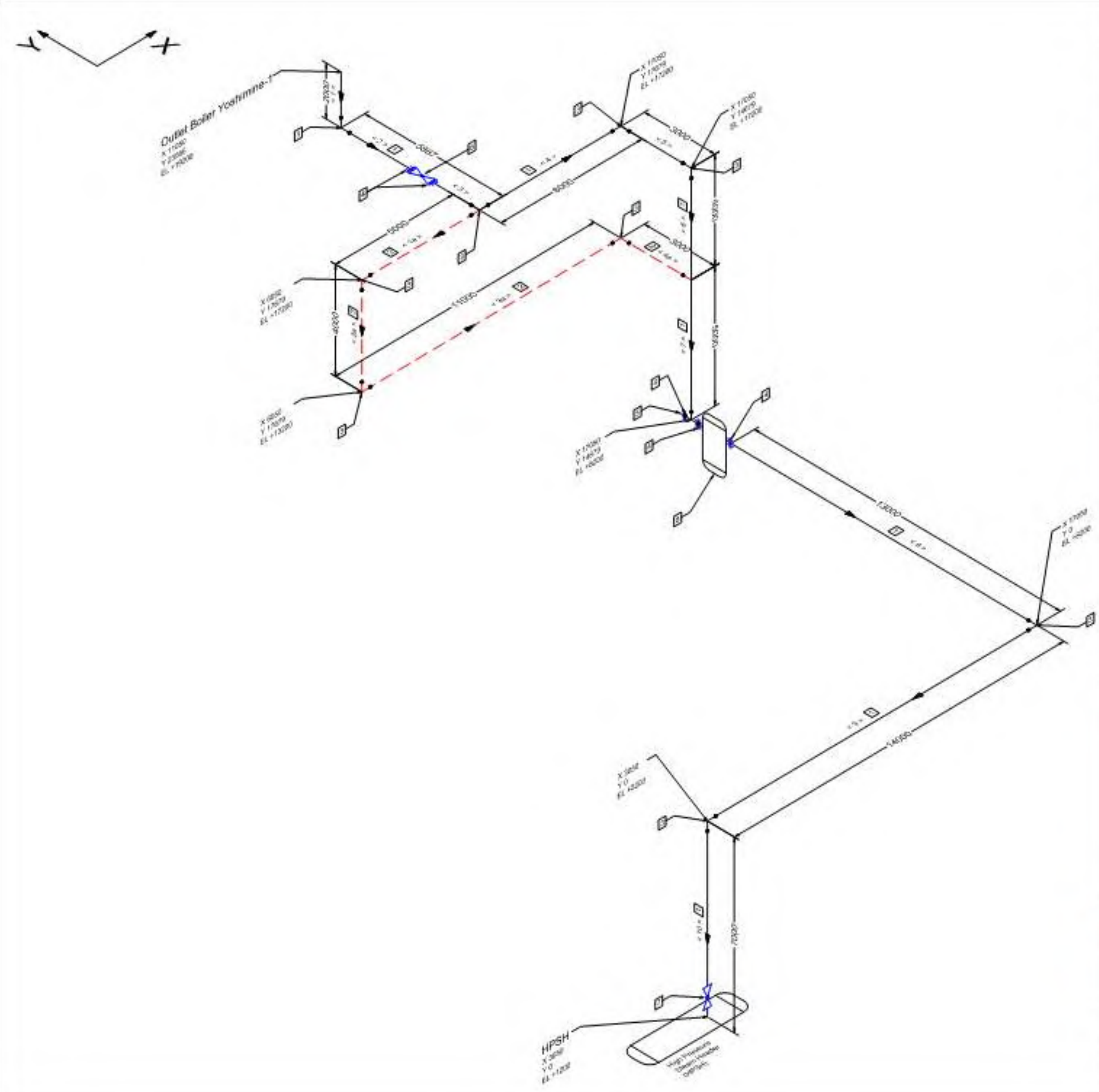
Table 8 Dimensions of Reducing Outlet Tees and Reducing Outlet Crosses



Nominal Pipe Size (NPS)	Outside Diameter at Bevel, Run	Outside Diameter at Bevel, Outlet	Center-to-End, Run, C	Center-to-End, Outlet, M [Note (1)]
1/2 × 1/2 × 3/8	21.3	17.3	25	25
1/2 × 1/2 × 1/4	21.3	13.7	25	25
3/4 × 3/4 × 1/2	26.7	21.3	29	29
3/4 × 3/4 × 3/8	26.7	17.3	29	29
1 × 1 × 3/4	33.4	26.7	38	38
1 × 1 × 1/2	33.4	21.3	38	38
1 1/4 × 1 1/4 × 1	42.2	33.4	48	48
1 1/4 × 1 1/4 × 3/4	42.2	26.7	48	48
1 1/4 × 1 1/4 × 1/2	42.2	21.3	48	48
1 1/2 × 1 1/2 × 1 1/4	48.3	42.2	57	57
1 1/2 × 1 1/2 × 1	48.3	33.4	57	57
1 1/2 × 1 1/2 × 3/4	48.3	26.7	57	57
1 1/2 × 1 1/2 × 1/2	48.3	21.3	57	57
2 × 2 × 1 1/2	60.3	48.3	64	60
2 × 2 × 1 1/4	60.3	42.2	64	57
2 × 2 × 1	60.3	33.4	64	51
2 × 2 × 3/4	60.3	26.7	64	44
2 1/2 × 2 1/2 × 2	73.0	60.3	76	70
2 1/2 × 2 1/2 × 1 1/2	73.0	48.3	76	67
2 1/2 × 2 1/2 × 1 1/4	73.0	42.2	76	64
2 1/2 × 2 1/2 × 1	73.0	33.4	76	57
3 × 3 × 2 1/2	88.9	73.0	86	83
3 × 3 × 2	88.9	60.3	86	76
3 × 3 × 1 1/2	88.9	48.3	86	73
3 × 3 × 1 1/4	88.9	42.2	86	70
3 1/2 × 3 1/2 × 3	101.6	88.9	95	92
3 1/2 × 3 1/2 × 2 1/2	101.6	73.0	95	89
3 1/2 × 3 1/2 × 2	101.6	60.3	95	83
3 1/2 × 3 1/2 × 1 1/2	101.6	48.3	95	79
4 × 4 × 3 1/2	114.3	101.6	105	102
4 × 4 × 3	114.3	88.9	105	98
4 × 4 × 2 1/2	114.3	73.0	105	95
4 × 4 × 2	114.3	60.3	105	89
4 × 4 × 1 1/2	114.3	48.3	105	86
5 × 5 × 4	141.3	114.3	124	117
5 × 5 × 3 1/2	141.3	101.6	124	114
5 × 5 × 3	141.3	88.9	124	111
5 × 5 × 2 1/2	141.3	73.0	124	108
5 × 5 × 2	141.3	60.3	124	105
6 × 6 × 5	168.3	141.3	143	137
6 × 6 × 4	168.3	114.3	143	130
6 × 6 × 3 1/2	168.3	101.6	143	127
6 × 6 × 3	168.3	88.9	143	124
6 × 6 × 2 1/2	168.3	73.0	143	121
8 × 8 × 6	219.1	168.3	178	168
8 × 8 × 5	219.1	141.3	178	162
8 × 8 × 4	219.1	114.3	178	156
8 × 8 × 3 1/2	219.1	101.6	178	152
10 × 10 × 8	273.0	219.1	216	203
10 × 10 × 6	273.0	168.3	216	194
10 × 10 × 5	273.0	141.3	216	191
10 × 10 × 4	273.0	114.3	216	184
12 × 12 × 10	323.8	273.0	254	241
12 × 12 × 8	323.8	219.1	254	229
12 × 12 × 6	323.8	168.3	254	219
12 × 12 × 5	323.8	141.3	254	216
14 × 14 × 12	355.6	323.8	279	270
14 × 14 × 10	355.6	273.0	279	257
14 × 14 × 8	355.6	219.1	279	248
14 × 14 × 6	355.6	168.3	279	238

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

Lampiran C



No	Component Desciption	N.S. (In)	Qty.
1	Pipe A106 Gr. B Smls ASME B36.10 S-80	14	53352
2	Pipe STBA CRMN	14	20152
3	90 Deg. Elbow A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	14	6
4	Flange SW A105 ASME B16.5	14	5
5	Flange Blind A105 ASME B16.5	14	1
6	Globe Valve SW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	14	1
7	Globe Valve BW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	14	1
8	Separator	-	1

Cut Pipe Lenght

Piece No	Cut Length (mm)	N.S. (In)	Qty.
<1>	1644	14	
<2>	2644	14	
<3>	1644	14	
<4>	5288	14	
<5>	2288	14	
<6>	3644	14	
<7>	4721	14	
<8>	12644	14	
<9>	13288	14	
<10>	5547	14	
<1a>	4288	14	
<2a>	3288	14	
<3a>	10288	14	
<4a>	2288	14	

Keterangan:

Redesign pipe

Existing pipe

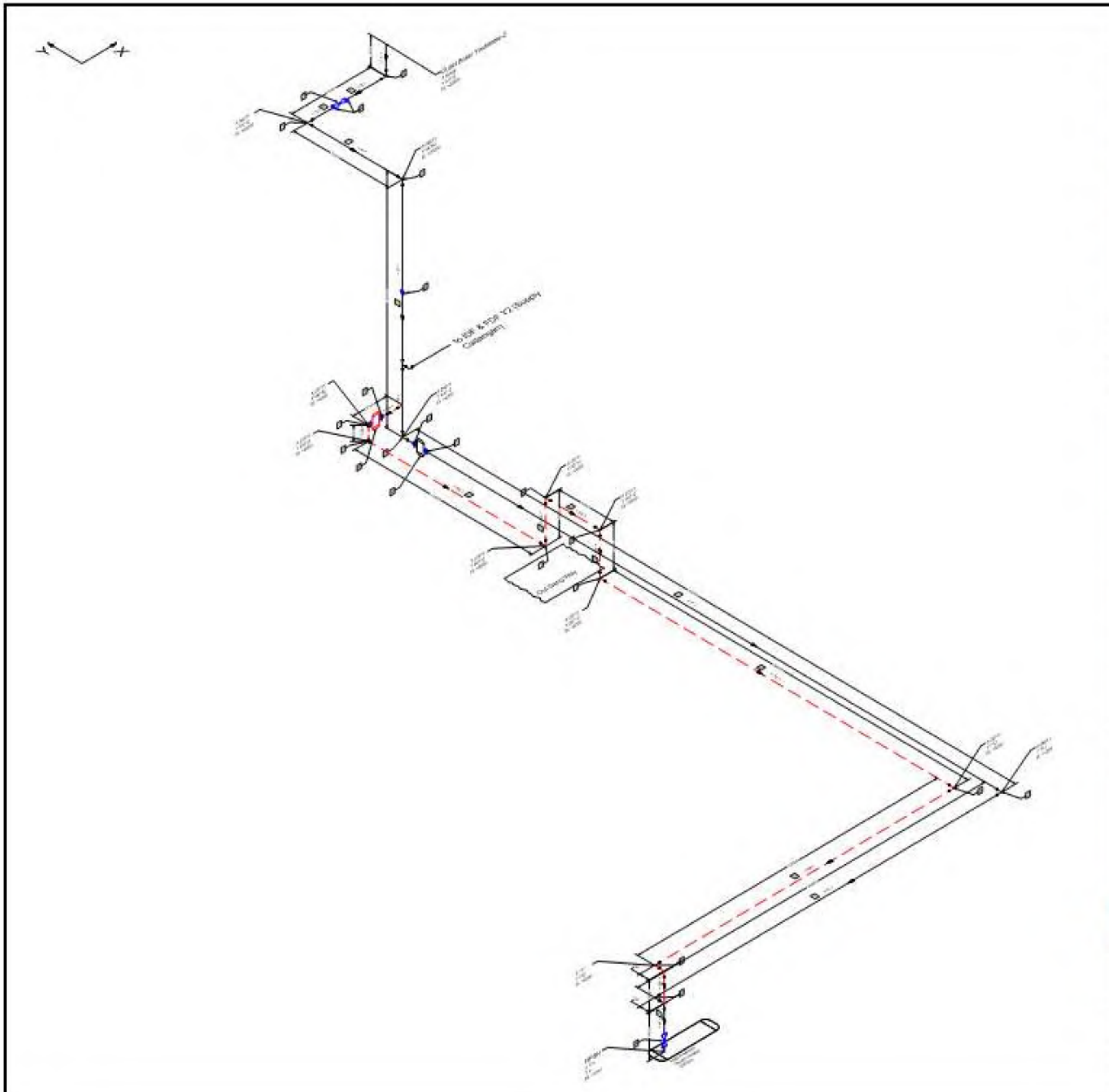
DEPT. OF MARINE ENGINEERING - FTK - ITS
FINAL PROJECT
EVEN SEMESTER 2016

Piping Steam Distribution

Isometric Drawing

From Boiler Y-1 to High Pressure Steam Header (HPSH)		Drawn by : Denny Akbar Nurhadyansyah 4214 105 010	Signed :
		Approved by : Ir. Hari Prastowo, M.Sc	Signed :
Date :	Scale :	Drawing no :	REV :

***Section* 1: Keluaran Boiler Yoshimine 1 – HPSH**



No	Component Desciption	N.S. (In)	Qty.
1	Pipe A106 Gr. B Smls ASME B36.10 S-80	14	96575
2	Pipe STBA CRMN	14	71068
3	90 Deg. Elbow A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	14	7
4	45 Deg Elbow Long Radius	14	2
5	Flange SW A105 ASME B16.5	14	4
6	Tee BW A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	14	1
7	Globe Valve SW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	14	1
8	Globe Valve BW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	14	1
9	Separator	-	1

Cut Pipe Lenght

Piece No	Cut Length (mm)	N.S. (In)	Qty.
<1>	1644	14	
<2>	2644	14	
<3>	1644	14	
<4>	6288	14	
<5>	10865	14	
<6>	3865	14	
<7>	43288	14	
<8>	24788	14	
<9>	1547	14	
<1a>	1202	14	
<2a>	1230	14	
<3a>	12552	14	
<4a>	2288	14	
<5a>	3288	14	
<6a>	2288	14	
<7a>	25288	14	
<8a>	21288	14	
<9a>	1644	14	

Keterangan:
- Redesign pipe
- Existing pipe

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

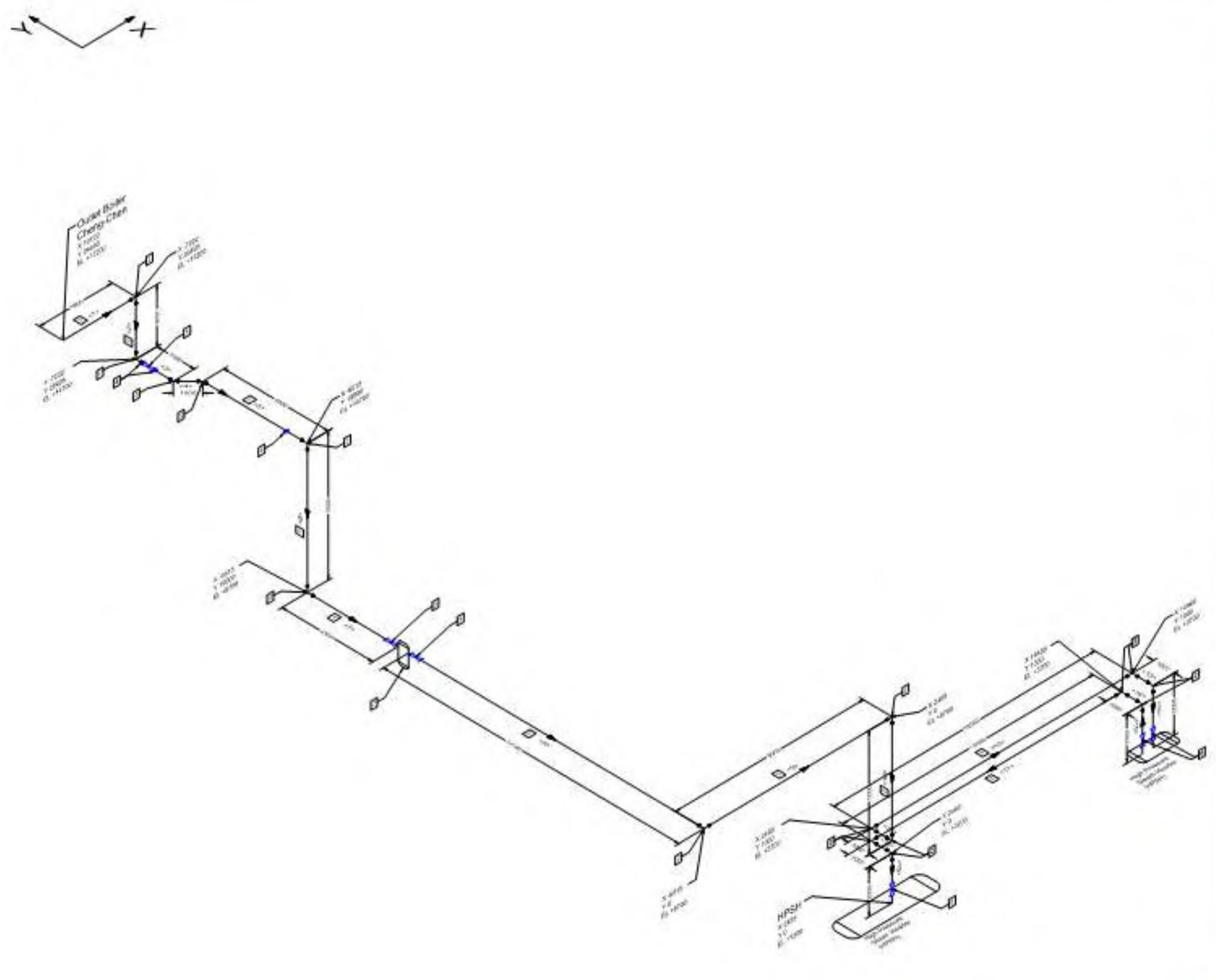
DEPT. OF MARINE ENGINEERING - FTK - ITS
FINAL PROJECT
EVEN SEMESTER 2016

Piping Steam Distribution

Isometric Drawing

From Boiler Y-2 to High Pressure Steam Header (HPSH)	Drawn by : Denny Akbar Nurhadyansyah 4214 105 010	Signed :
	Approved by : Ir. Hari Prastowo, M.Sc	Signed :
Date : / Scale :	Drawing no :	REV :

***Section* 2: Keluaran Boiler Yoshimine 2 – HPSH**



No	Component Desciption	N.S. (In)	Qty.
1	Pipe A106 Gr. B Smls ASME B36.10 S-80	10	75.487
2	90 Deg. Elbow A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	10	14
3	45 Deg. Elbow A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	10	2
4	Flange SW A105 ASME B16.5	10	4
5	Globe Valve with Flange A105 ASME B16.10 (Handwheel)	10	1
6	Globe Valve BW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	10	5
7	Separator	10	1

Cut Pipe Lenght

Piece No	Cut Length (mm)	N.S. (In)	Qty.
<1>	3246	10	
<2>	1992	10	
<3>	700	10	
<4>	682	10	
<5>	4587	10	
<6>	5492	10	
<7>	3605	10	
<8>	13397	10	
<9>	8492	10	
<10>	4492	10	
<11>	492	10	
<12>	11992	10	
<13>	492	10	
<14>	1450	10	
<15>	950	10	
<16>	492	10	
<17>	11492	10	
<18>	492	10	
<19>	950	10	

Keterangan:

Redesign pipe

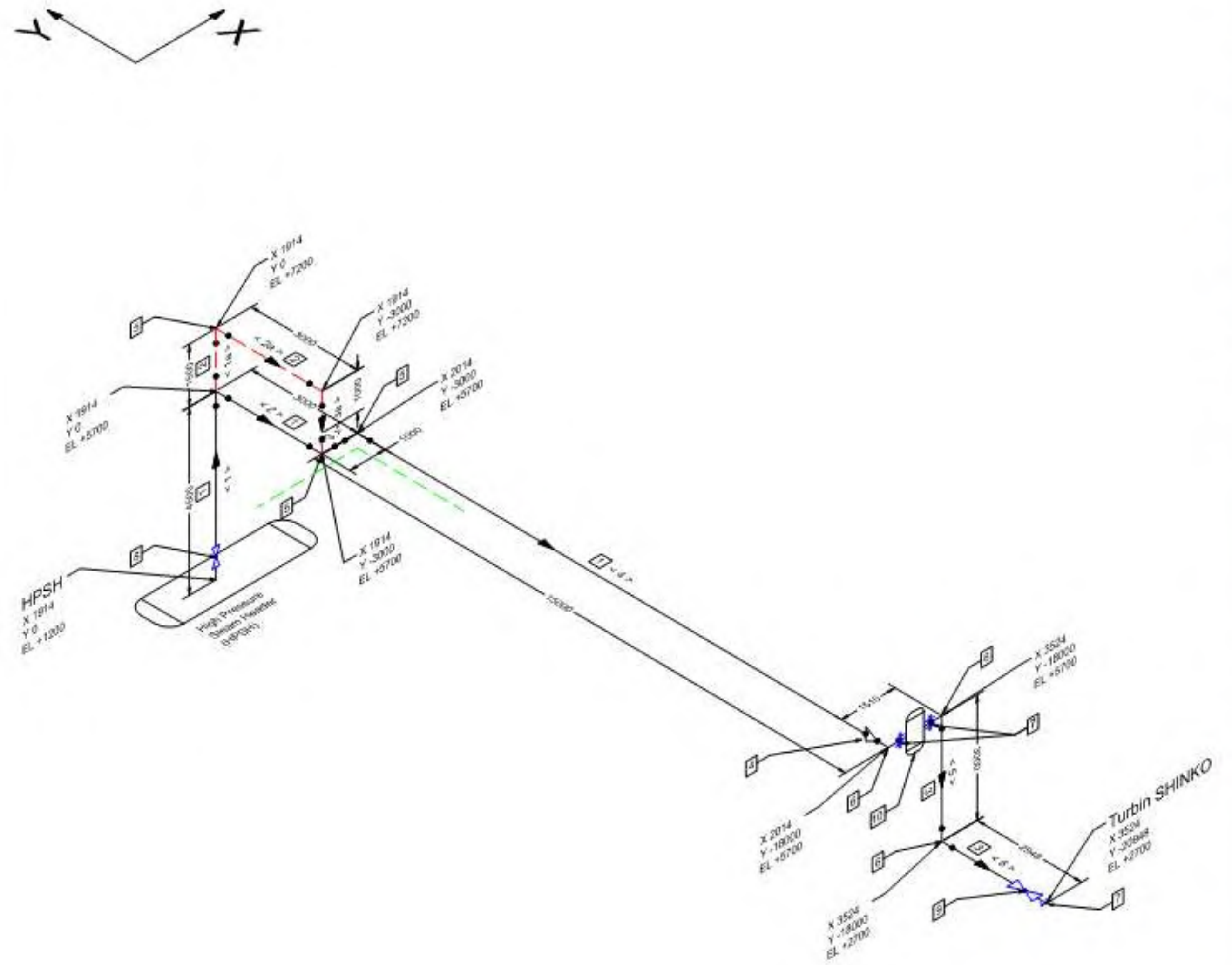
DEPT. OF MARINE ENGINEERING - FTK - ITS
FINAL PROJECT
EVEN SEMESTER 2016

Piping Steam Distribution

Isometric Drawing

From Boiler Chengchen to High Pressure Steam Header (HPSH)	Drawn by : Denny Akbar Nurhadyamyah 4214 105 010	Signed :	
	Approved by : Ir. Hari Prastowo, M.Sc	Signed :	
Date :	Scale :	Drawing no :	REV :

***Section* 3: Keluaran Boiler Cheng-Chen – HPSH**



No	Component Desciption	N.S. (In)	Qty.
1	Pipe A106 Gr. B Smls ASME B36.10 S-80	14	19933
2	Pipe STBA CRMN	14	3864
3	Pipe A106 Gr. B Smls ASME B36.10 S-80	12	4085
4	Conc. Reducer A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9 14 x 12	-	1
5	90 Deg. Elbow A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	14	3
6	90 Deg. Elbow A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	12	3
7	Flange SW A105 ASME B16.5	12	3
8	Globe Valve BW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	14	1
9	Globe Valve BW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	12	1
10	Separator	-	1

Cut Pipe Lenght

Piece No	Cut Length (mm)	N.S. (In)	Qty.
<1>	3348	14	
<2>	2288	14	
<3>	288	14	
<4>	14009	14	
<5>	2390	12	
<6>	1695	12	
<1a>	788	14	
<2a>	2288	14	
<3a>	788	14	

Keterangan:

Redesign pipe
Existing pipe
Residu steam pipe

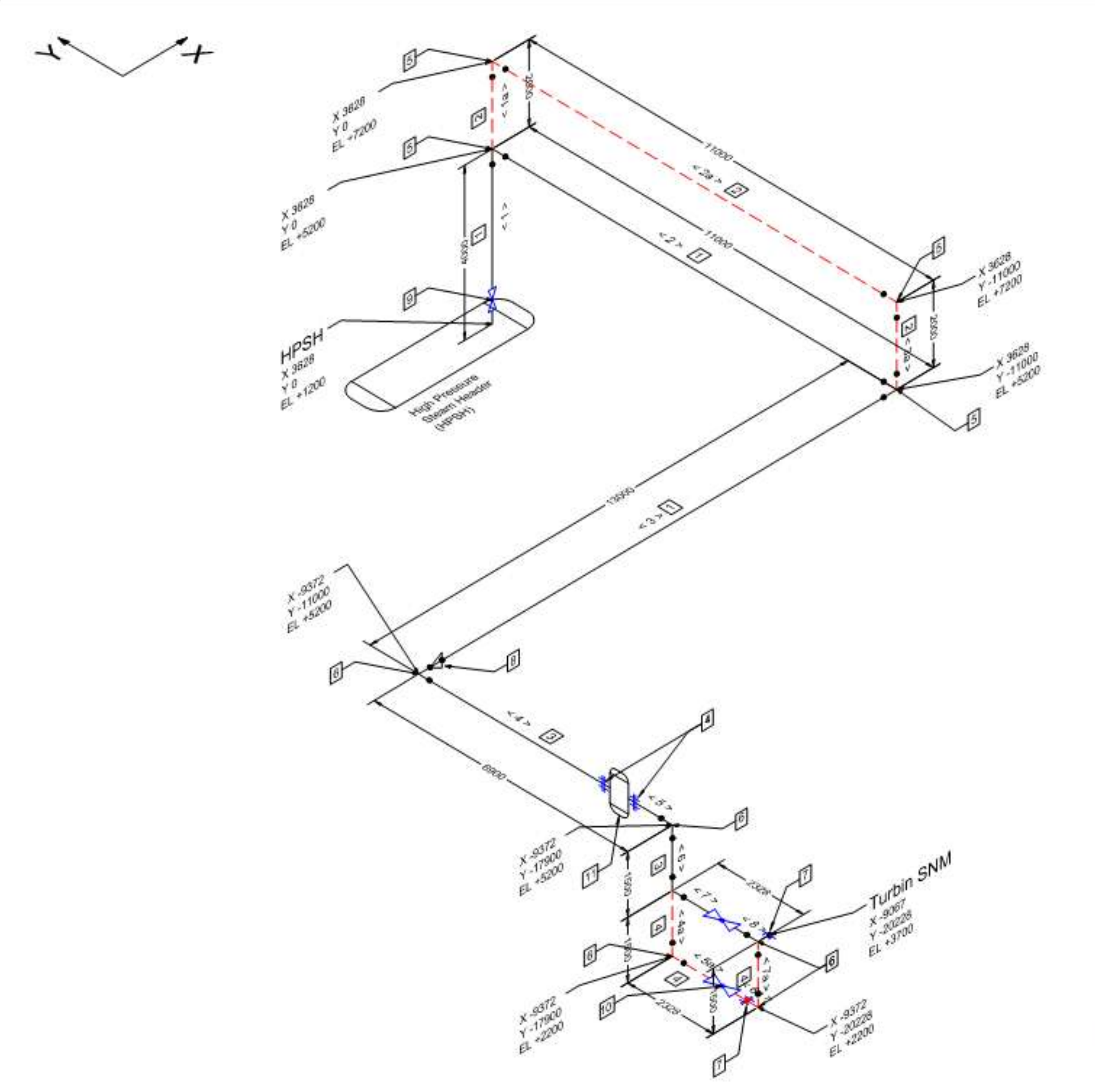
DEPT. OF MARINE ENGINEERING - FTK - ITS
FINAL PROJECT
EVEN SEMESTER 2016

Piping Steam Distribution

Isometric Drawing

From High Pressure Steam Header (HPSH) to Turbin SHINKO	Drawn by : Denny Akbar Nurhadyansyah 4214 105 010	Signed :
	Approved by : Ir. Hari Prastowo, M.Sc	Signed :
Date : Scale :	Drawing no :	REV :

***Section* 4: HPSH – Turbin SHINKO**



No	Component Desciption	N.S. (In)	Qty.
1	Pipe A106 Gr. B Smls ASME B36.10 S-80	14	25136
2	Pipe STBA CRMN	14	12864
3	Pipe A106 Gr. B Smls ASME B36.10 S-80	12	7315
4	Pipe STBA CRMN	12	3105
5	90 Deg. Elbow A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	14	2
6	90 Deg. Elbow A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9	12	4
7	Flange SW A105 ASME B16.5	12	3
8	Conc. Reducer A234 Gr. WPB Smls ASME B16.9 14 x 12	-	1
9	Globe Valve BW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	14	1
10	Globe Valve BW A105 ASME B16.10 (Handwheel)	12	1
11	Separator	-	1

Cut Pipe Lenght

Piece No	Cut Length (mm)	N.S. (In)	Qty.
<1>	2839	14	
<2>	10288	14	
<3>	12009	14	
<4>	4710	12	
<5>	695	12	
<6>	890	12	
<7>	695	12	
<8>	325	12	
<1a>	1288	14	
<2a>	10288	14	
<3a>	1288	14	
<4a>	1195	12	
<5a>	695	12	
<6a>	325	12	
<7a>	890	12	

Keterangan:

——— Redesign pipe

– – – Existing pipe

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

DEPT. OF MARINE ENGINEERING - FTK - ITS
FINAL PROJECT
EVEN SEMESTER 2016

Piping Steam Distribution

Isometric Drawing

From High Pressure Steam Header (HPSH) to Turbin SNM

Drawn by : Denny Akbar Nurhadyansyah 4214 105 010

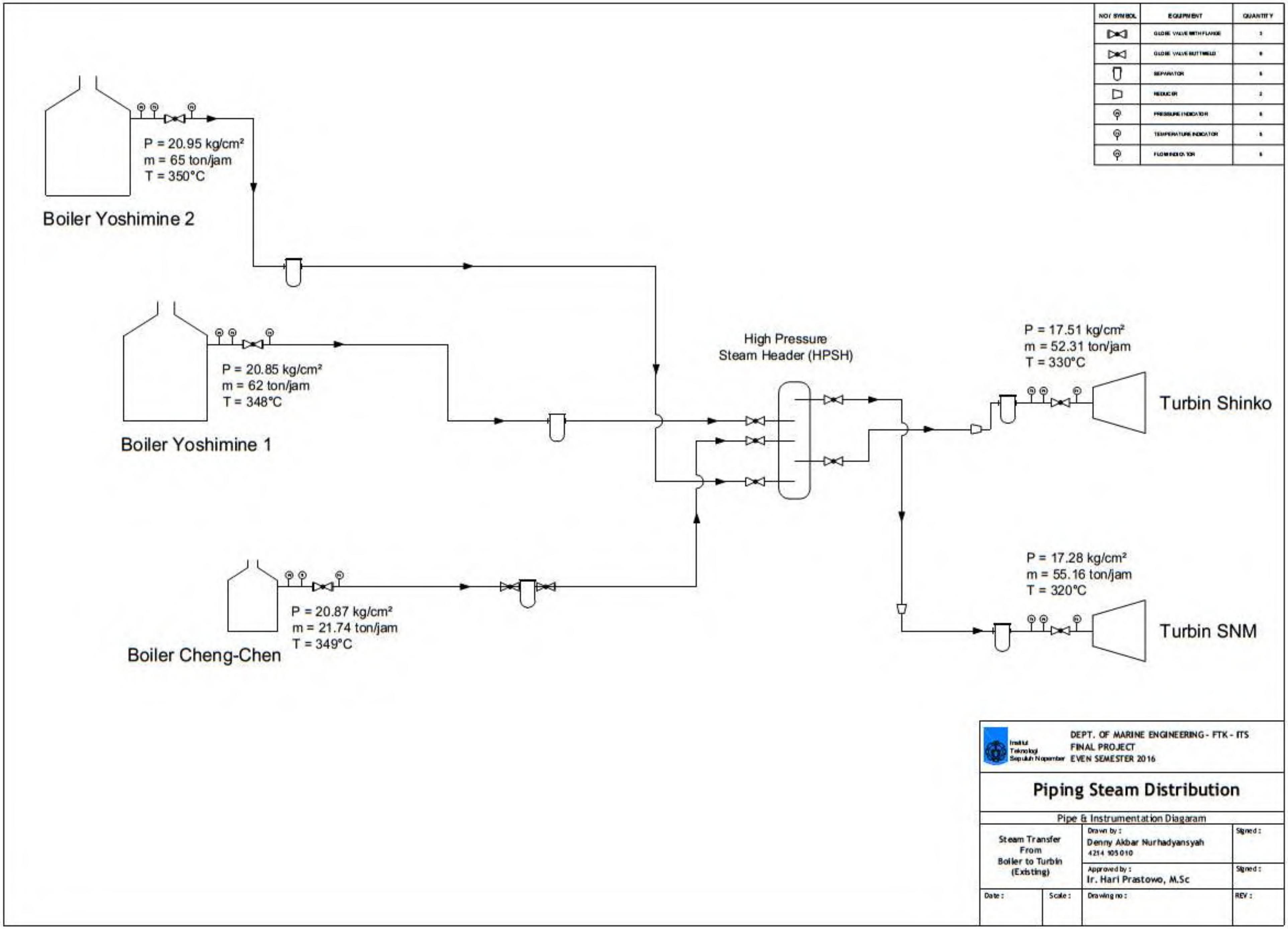
Signed :

Approved by : Ir. Hari Prastowo, M.Sc

Signed :

Date : | Scale : | Drawing no : | REV :

***Section* 5: HPSH – Turbin SNM**



Pipe & Instrumentation Diagrams Existing

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

Lampiran D

Data Properties Pipa *Section* 1: Keluaran Boiler Yoshimine 1 – HPSH

Property	Value	Unit
medium :	overheated steam	
pressure :	20.544	[bar]
temperature :	350	[Celsius]
density :	7.419438654425	[kg / m^3]
dynamic viscosity :	2.2250586783579E-5	[Pa s]
kinematic viscosity :	2.998958252766	[10^{-6} m^2 / s]
specific inner energy :	2859.6011992033	[kJ / kg]
specific enthalpy :	3136.4954624606	[kJ / kg]
specific entropy :	6.9444746302932	[kJ / kg K]
specific isobar heat capacity : cp	2.2363674384142	[kJ / kg K]
specific isochor heat capacity : cv	1.6650596709945	[kJ / kg K]
isentropic exponent : kappa	1.29120208	
thermal conductivity :	0.051446745799202	[W / m K]
speed of sound :	597.92967233218	[m / s]

Sumber:
http://www.peacesoftware.de/einigewerte/wasser_dampf_e.html

Data diatas merupakan contoh data pada jalur pipa section 1. Data properties untuk jalur yang lain dapat diketahui sesuai sumber yang sudah dicantumkan pada keterangan sumber.

Tabel D.1. *Absolute Roughness of Pipe Material*

Stainless Steel	0.03
Wrought Iron (New)	0.045
Carbon Steel (New)	0.02-0.05
Carbon Steel (Slightly Corroded)	0.05-0.15
Carbon Steel (Moderately Corroded)	0.15-1
Carbon Steel (Badly Corroded)	1-3
Carbon Steel (Cement-lined)	1.5
Asphalted Cast Iron	0.1-1
Cast Iron (new)	0.25
Cast Iron (old, sandblasted)	1
Sheet Metal Ducts (with smooth joints)	0.02-0.1
Galvanized Iron	0.025-0.15
Wood Stave	0.18-0.91
Wood Stave, used	0.25-1
Smooth Cement	0.5
Concrete – Very Smooth	0.025-0.2
Concrete – Fine (Floated, Brushed)	0.2-0.8
Concrete – Rough, Form Marks	0.8-3
Riveted Steel	0.91-9.1

Sumber: https://netrium.net/fluid_flow/absolute-roughness/

Densities, molecular weight and chemical formulas of some common gases can be found in the table below:

Tabel D.2. *Molecular Weight of Gases*

Gas	Formula	Molecular weight
Acetylene (ethyne)	C_2H_2	26
Air		29
Sulfur Dioxide	SO_2	64.06
Sulfur Trioxide	SO_3	80.062
Sulfuric Oxide	SO	48.063
Toluene	C_7H_8	92.141
Water Vapor, steam	H_2O	18.016
Water gas (bituminous)		
Xenon		

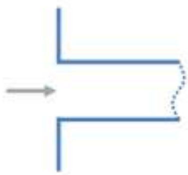
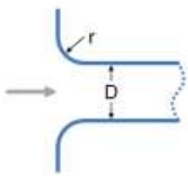
Sumber: http://www.engineeringtoolbox.com/gas-density-d_158.html

2. CALCULATING ENTRANCE AND EXIT LOSSES

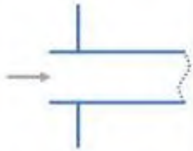
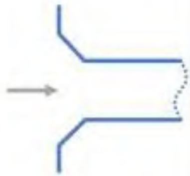
Listed below are K-values for several common entrance and exit geometries. These may be used in conjunction with the velocity of the fluid in the pipe to calculate the entrance and exit pressure losses. Refer to the article on pressure loss calculation using the K-value or excess head method for the formula by which the pressure loss may be calculated from the K values below.

2.1 K-values for Pipe Entrances

The table below presents the K-value for pipe entrances of various geometries.

Type	Shape	r/D	K-value
Flush/Square-Edged		0	K = 0.5
Rounded		0.02	K = 0.28
		0.04	K = 0.24
		0.06	K = 0.15
		0.10	K = 0.09

Sumber: https://netrium.net/fluid_flow/pressure-loss-from-pipe-entrance-and-exits/

		0.15+	K = 0.04
Inward Projecting/Re-entrant		-	K = 0.78
Chamfered		-	K = 0.25

2.2 K-values for Pipe Exits

When a fluid exits a pipe into a much large body of the same fluid the velocity is reduced to zero and all of the kinetic energy is dissipated, thus the losses in the system are one velocity head regardless of the exit geometry.

Type	Shape	r/D	K-value
All Geometries	-	-	K = 1.0

Sumber: https://netrium.net/fluid_flow/pressure-loss-from-pipe-entrance-and-exits/

Tabel D.3 *Friction Loss for Turbulent Flow Through Valves and Fittings*

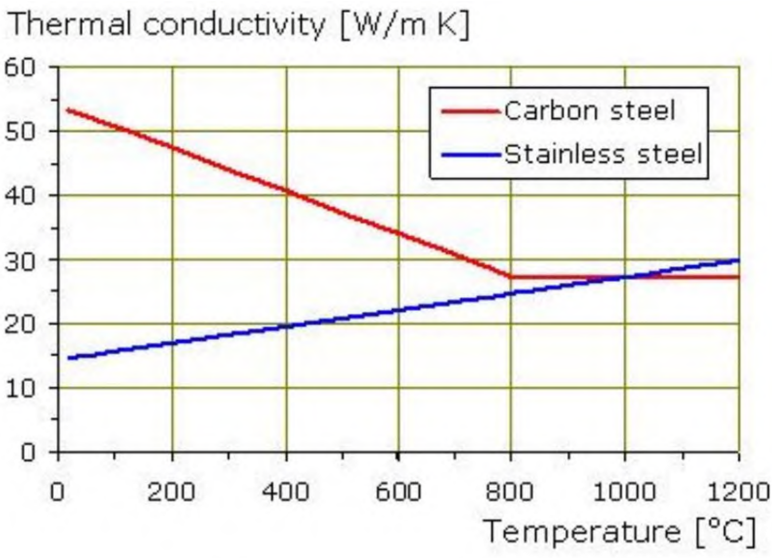
Type of Fitting or Valve	*Frictional Loss, Number of Velocity Heads, K_f*	*Frictional Loss, Equivalent Length of Straight Pipe in Pipe Diameters, L_e/D*
Elbow, 45°	0.35	17
Elbow, 90°	0.75	35
Tee	1	50
Return bend	1.5	75
Coupling	0.04	2
Union	0.04	2
Gate valve		
Wide open	0.17	9
Half open	4.5	225
Globe valve		
Wide open	6.0	300
Half open	9.5	475
Angle valve, wide open	2.0	100
Check valve		
Ball	70.0	3500
Swing	2.0	100
Water meter, disk	7.0	350

Source: R. H. Perry and C. H. Chilton, *Chemical Engineers' Handbook*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1973. With permission.

Tabel D.4. Material Pipa dan Insulasi

Jalur pipa	Material	NPS	OD		ID		Schedule	Thickness (inch)	Thickness (m)
			inchi	m	inchi	m			
Section 1	A106 GR B	14	14	0.36	12.5	0.318	80	0.750	0.0191
Section 2	A106 GR B	14	14	0.36	12.5	0.318	80	0.750	0.0191
Section 3	A106 GR B	10	10.75	0.27	9.562	0.243	80	0.594	0.0151
Section 4	STBA	14	14	0.36	12.5	0.318	80	0.750	0.0191
		12	12.75	0.32	11.374	0.289	80	0.688	0.0175
Section 5	STBA	14	14	0.36	12.5	0.318	80	0.750	0.0191
		12	12.75	0.32	11.374	0.289	80	0.688	0.0175

Insulasi	NPS	Thickness	
		inchi	m
Mineral Wool	14	1.969	0.05
Rock Wool	12	1.969	0.05
Mineral Wool	10	1.969	0.05



Gambar D.1. Thermal Conductivity of stainless steel as a function of temperature
Sumber: Structural Fire Engineering, Professor Colin Bailey, University of Manchester.

Mineral Wool Pipe Insulation

Description

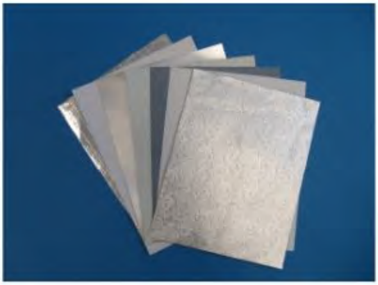
Mineral Wool Pipe Insulation is a precision cut pipe covering composed of high density stone wool made from naturally occurring Basalt Rock. The covering is produced in two half sections and can be supplied plain or jacketed with materials such as: all service jacket (ASJ), foil scrim kraft (FSK), Glassmat or other suitable jacketing. Mineral wool pipe insulation is available in three foot lengths in sizes from ½" through 28" IPS and wall thicknesses from 1 to 6". Sizes larger than 28 "IPS are available in curved segments. See SPI Rigidflex Insulation cut to size as an alternate insulation for larger pipe sizes and tanks.

Small to large pipe sizes, fittings are available as well as curved segments for tank walls.

Uses

Mineral wool pipe insulation can be used in a wide range of hot or cold pipe applications ranging from -20°F (-29°C) to 1200°F per ASTM C411 (650°C) making it ideal for use on:

- High temperature pipe lines typically found in industrial power and petrochemical plants, steam production and supply pipe, etc.
- Commercial hot and cold water supply.
- Refrigerated water and other related applications.



A variety of jacketing materials are available to meet service and specification requirements.

Advantages

- Good dimensional stability (thermal).
- Good mechanical abuse and compressive strength.
- Low moisture sorption.
- Fire resistant and non combustible.
- Excellent sound properties.
- Non corrosive.
- Chemically inert, minimizes indoor air quality pollutant potential.
- Made from natural, inorganic material with high recycled content.
- Resistant to the growth of fungi, mold or bacteria.
- Does not sustain vermin.

Performance and compliance use data is based on fabrication of Thermal Conductivity as manufactured by Roxul FabRock® HT.

Mineral Wool Pipe Insulation

Performance and Compliance

ASTM C612	Mineral Fiber Block and Board Thermal Insulation Type IVB.
ASTM C547	Standard Specifications for Mineral Fiber Pipe Insulation Type 1 Grade A (850°F).
ASTM C585-90 (2004)	Standard Practice for Inner and Outer Diameters of Rigid Thermal Insulation for Nominal Sizes of Pipe and Tubing (NPS System).
ASTM C450	Standard Practice for Fabrication of Thermal Insulating Fitting Covers for NPS Piping, and Vessel Lagging.

Fire Performance

ASTM E 84	Surface Burning Characteristics
(UL723)	Flame Spread 5, Smoke Developed 0
CAN/ULC S102	Surface Burning Characteristics
	Flame Spread 5, Smoke Developed 0
ASTM E 136	Behavior of Materials at 750°C (1382°F)
	Non-Combustible
CAN4 S114	Test for Non-Combustibility
	Non-Combustible

Maximum Service Temperature

ASTM C411 Hot Surface Performance
In Compliance with ASTM C612
@ 1200°F (650°C).

Moisture Resistance

ASTM C1104 Moisture Sorption 0.03%

Dimensional Stability

ASTM C 356 Linear Shrinkage <0.4%

Thermal Conductivity

ASTM C177

	BTU.in/hr. °F.ft² (W/m.K)
25°F (-4°C)	0.221 (0.0318)
75°F (24°C)	0.239 (0.0345)
100°F (38°C)	0.253 (0.0365)
200°F (93°C)	0.299 (0.0432)
300°F (149°C)	0.350 (0.0504)
400°F (204°C)	0.383 (0.0553)
500°F (260°C)	0.464 (0.0669)
600°F (316°C)	0.549 (0.0792)
700°F (371°C)	0.660 (0.0952)

Thermal Resistance

ASTM C 518
(C 177) R-value/inch @ 75°F, 4.2 hr.ft².F/Btu (at time of Mftr). RSI value/25.4 mm @ 24°C 0.74 m²K/W.

Corrosion Resistance

ASTM C 665	Corrosiveness Passed.
*ASTM C 795**	Stainless Steel Stress Corrosion Specification as per Test *Methods C871 and C692:* U.S. Nuclear Regulatory Commission, Reg. Guide #1.36: U.S. Military Specifications MIL-I-24244 (all versions including B and C). Conforms
	*"Provisions for lot testing may be required, consult manufacturer."

Compressive Strength

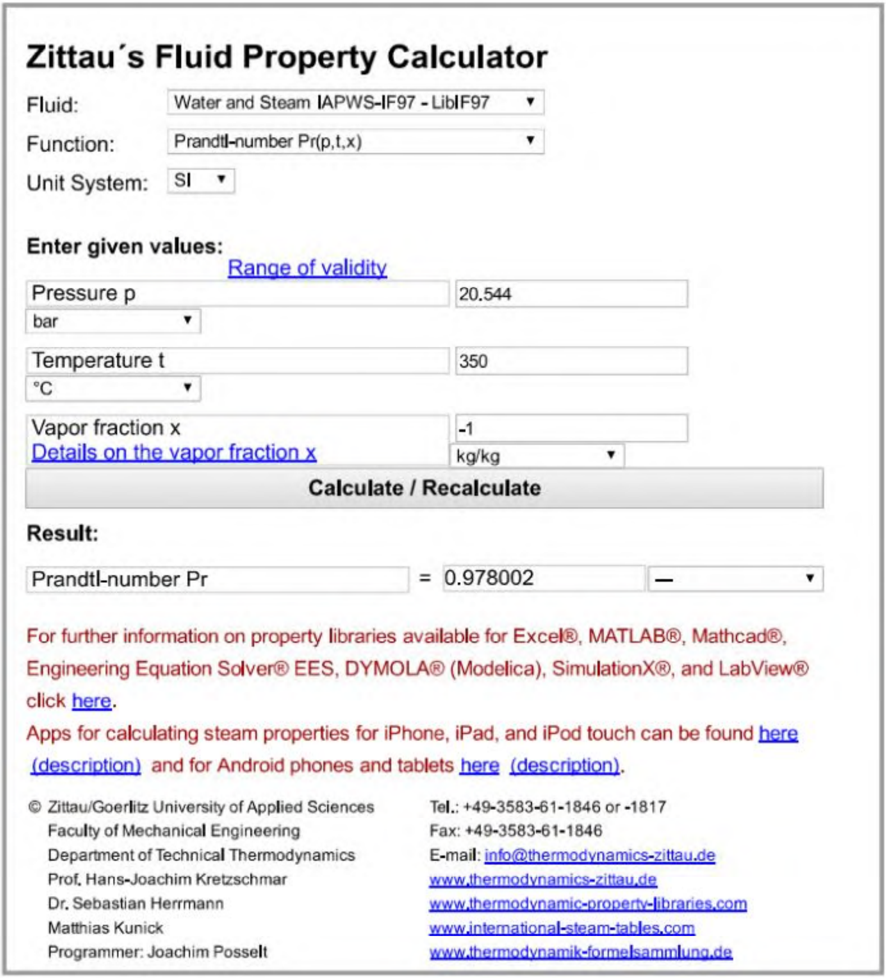
ASTM C165 at 10% 720 psf (34.4 kPa)

1650 Manheim Pike, Suite 202
Lancaster, PA 17601-3088
Phone: (855) 519-4044
Fax: (717) 519-4046
Web: www.winrocspi.com
Email: fabteam@winrocspi.com

For additional information please visit www.winrocspi.com

Please ask your Sales Representative about our other fabrication products and services.

Prandtl Jalur Pipa Section 1: Keluaran Boiler Yoshimine 1 – HPSH



Sumber: http://thermodynamik.hszg.de/fpc/index.php

Data diatas merupakan contoh data pada jalur pipa section 1. Data properties untuk jalur yang lain dapat diketahui sesuai sumber yang sudah dicantumkan pada keterangan sumber.

Tabel D.5. Properties Udara Pada Tekanan Atmosfir

Parameter	**Besaran**	**Satuan**
Density	1.166	kg/m^3
gravity (g)	9.81	m/s^2
T surface (personal protection)	333.15	K
$T\infty$	303.15	K
dynamic viscosity (μ)	1.9302E-05	kg/ms
kinematic viscosity (v)	0.00001655	m^2/s
spesific heat (cp)	1.0059	kJ/kg K
thermal conductivity (k)	0.0276	W/m K
T_f	318.15	K
prandtl (Pr)	0.703	
Volume expansion coefficient β	0.00314	

Tabel D.6. Dry air at temperatures at one atmophere from 175 K to 1900 K

Temperature (K)	Specific Heat - c_p - (kJ/kgK)	- c_v - (kJ/kgK)	Ratio of Specific Heats - k - (c_p/c_v)	Dynamic Viscosity - μ - (10^{-5} kg/m s)	Thermal Conductivity (10^{-5} kW/m K)	Prandtl Number	Kinematic Viscosity1) - ν - 10^{-5} (m^2/s)	Density1) - ρ - (kg/m^3)	Diffusivity - α - (10^{-6} m^2/s)
175	1,0023	0,7152	1,401	1,182	1,593	0,744	0,586	2,017	
200	1,0025	0,7154	1,401	1,329	1,809	0,736	0,753	1,765	10,17
225	1,0027	0,7156	1,401	1,467	2,020	0,728	0,935	1,569	
250	1,0031	0,7160	1,401	1,599	2,227	0,720	1,132	1,412	15,67
275	1,0038	0,7167	1,401	1,725	2,428	0,713	1,343	1,284	
300	1,0049	0,7178	1,400	1,846	2,624	0,707	1,568	1,177	22,07
325	1,0063	0,7192	1,400	1,962	2,816	0,701	1,807	1,086	
350	1.0082	0.7211	1.398	2.075	3.003	0.697	2.056	1.009	29.18
375	1.0106	0.7235	1.397	2.181	3.186	0.692	2.317	0.9413	
400	1.0135	0.7264	1.395	2.286	3.365	0.688	2.591	0.8824	36.94
450	1.0206	0.7335	1.391	2.485	3.710	0.684	3.168	0.7844	
500	1.0295	0.7424	1.387	2.670	4.041	0.680	3.782	0.7060	
550	1,0398	0,7527	1,381	2,849	4,357	0,680	4,439	0,6418	
600	1,0511	0,7640	1,376	3,017	4,661	0,680	5,128	0,5883	
650	1,0629	0,7758	1,370	3,178	4,954	0,682	5,853	0,5430	
700	1,0750	0,7879	1,364	3,332	5,236	0,684	6,607	0,5043	
750	1,0870	0,7999	1,359	3,482	5,509	0,687	7,399	0,4706	
800	1,0987	0,8116	1,354	3,624	5,774	0,690	8,214	0,4412	
850	1,1101	0,8230	1,349	3,763	6,030	0,693	9,061	0,4153	
900	1.1209	0.8338	1.344	3.897	6.276	0.696	9.936	0.3922	
950	1.1313	0.8442	1.340	4.026	6.520	0.699	10.83	0.3716	
1000	1.1411	0.8540	1.336	4.153	6.754	0.702	11.76	0.3530	
1050	1.1502	0.8631	1.333	4.276	6.985	0.704	12.72	0.3362	
1100	1.1589	0.8718	1.329	4.396	7.209	0.707	13.70	0.3209	
1150	1.1670	0.8799	1.326	4.511	7.427	0.709	14.70	0.3069	
1200	1.1746	0.8875	1.323	4.626	7.640	0.711	15.73	0.2941	
1250	1.1817	0.8946	1.321	4.736	7.849	0.713	16.77	0.2824	
1300	1.1884	0.9013	1.319	4.846	8.054	0.715	17.85	0.2715	
1350	1.1946	0.9075	1.316	4.952	8.253	0.717	18.94	0.2615	
1400	1.2005	0.9134	1.314	5.057	8.450	0.719	20.06	0.2521	
1500	1,2112	0,9241	1,311	5,264	8,831	0,722	22,36	0,2353	
1600	1.2207	0.9336	1.308	5.457	9.199	0.724	24.74	0.2206	
1700	1,2293	0,9422	1,305	5,646	9,554	0,726	27,20	0,2076	
1800	1.2370	0.9499	1.302	5.829	9.899	0.728	29.72	0.1961	
1900	1.2440	0.9569	1.300	6.008	10.233	0.730	32.34	0.1858	

Sumber: www.engineeringtoolbox.com

Sure Flow Equipment Inc.
P.O. Box 321, Tonawanda, New York 14151-0321 • U.S.A.: 1-800-263-8251
Fax: 1-800-876-1164 • Tel: 905-335-1350 • Fax: 905-332-4993
Email: info@sureflowequipment.com • www.sureflowequipment.com

CAST STEEL GLOBE VALVES

Sure Flow Equipment

Cast Steel Globe Valves

Net Pricing

REDUCED PRICES!

FREIGHT ALLOWED $7,500.00

Model : **GL FLT8**

Trim 8 GL Series

Prices Effective January 31, 2013 -- While Quantities Last

Net Pricing (USD)

Size (Inches)	ASME Class 150	300	600	900	1500
2"	$ 266	$ 323	$ 403	$ 1,044	$ 1,185
2 1/2"	$ 334	$ 425	$ 718	$ 1,762	$ 2,935
3"	$ 400	$ 572	$ 796	$ 1,810	$ 2,985
4"	$ 590	$ 816	$ 1,210	$ 2,935	$ 4,615
5"	$ 900	$ 1,448	$ 2,631	X	X
6"	$ 944	$ 1,703	$ 2,735	$ 5,003	$ 8,703
8"	$ 1,417	$ 2,702	$ 4,050	$ 8,250	$ 22,510
10"	$ 2,576	$ 3,604	$ 7,894	$ 10,739	X
12"	$ 3,606	$ 5,438	$ 10,336	X	X
14"	$ 6,285	$ 6,701	$ 16,733	X	X
16"	$ 7,214	$ 9,992	X	X	X
18"	X	X	X	X	X
20"	X	X	X	X	X
24"	X	X	X	X	X
30"	X	X	X	X	X
36"	X	X	X	X	X

All pricing in U.S. Funds

F.O.B.: Buffalo, NY

Terms: NET 30 Days

$7,500.00 NET

Full Freight Allowed

Cast Steel Gates, Globes & Checks

Per Order / Any Combination

PT. ABADI METAL UTAMA
Jl. Raya Sukomanunggal Jaya A6, Satelit Town Square, Surabaya, Jawa Timur
Telp. : (031)7317975; 7325885 (Hunting) Fax. : (031) 7325030, 7326050
E-mail : abadimetalutama@gmail.com
Website : www.abadimetalutama.com

Daftar harga pipa seamless SCH 80
per 15 Juli 2016

Diameter	Panjang	SCH 80
½"	6 m	Rp 120,750
¾"	6 m	Rp 152,250
1"	6 m	Rp 199,500
1¼"	6 m	Rp 252,000
1½"	6 m	Rp 304,500
2"	6 m	Rp 399,000
2½"	6 m	Rp 603,750
3"	6 m	Rp 813,750
4"	6 m	Rp 1,249,500
5"	6 m	Rp 1,638,000
6"	6 m	Rp 2,205,000
8"	6 m	Rp 3,696,000
10"	6 m	Rp 5,460,000
12"	6 m	Rp 7,759,500
14"	6 m	Rp12,495,000
16"	6 m	Rp15,655,500
18"	6 m	Rp23,205,000
20"	6 m	Rp28,140,000

Harga sudah termasuk PPN
Harga tidak mengikat
Harga nego, tergantung pengambilan

PRICE LIST FITTING CS TEE & CAP

Size	TEE STRAIGHT			TEE Galvaniz			CAP	
	SGP	S 40 SL	S 80 SL	SGP	S 40 SL	S 80 SL	SGP	S 40 SL
1/2"	Rp11,000	Rp11,500	Rp22,700	Rp13,200	Rp13,800	Rp27,250	Rp4,200	Rp5,000
3/4"	Rp11,500	Rp12,000	Rp23,500	Rp13,800	Rp14,500	Rp28,200	Rp4,300	Rp5,500
1"	Rp16,500	Rp16,500	Rp30,000	Rp20,500	Rp21,000	Rp36,000	Rp5,300	Rp6,500
1 1/4"	Rp21,500	Rp22,500	Rp41,000	Rp27,500	Rp29,000	Rp49,200	Rp6,500	Rp7,500
1 1/2"	Rp29,000	Rp30,000	Rp47,000	Rp37,500	Rp40,000	Rp56,400	Rp7,100	Rp8,700
2"	Rp35,000	Rp37,000	Rp70,000	Rp46,500	Rp50,000	Rp84,000	Rp8,300	Rp9,800
2 1/2"	Rp54,000	Rp66,000	Rp110,000	Rp71,000	Rp89,000	Rp132,000	Rp11,800	Rp14,500
3"	Rp69,000	Rp90,000	Rp153,000	Rp90,000	Rp118,000	Rp183,600	Rp15,000	Rp21,000
4"	Rp103,000	Rp149,000	Rp233,000	Rp138,000	Rp188,000	Rp279,600	Rp30,000	Rp34,000
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6"	Rp204,000	Rp323,000	Rp600,000	Rp277,000	Rp445,000	Rp720,000	Rp75,000	Rp84,000
8"	Rp436,000	Rp553,000	Rp1,032,000	Rp580,000	Rp762,000	Rp1,238,400	Rp130,000	Rp160,000
10"	Rp774,000	Rp1,074,000	Rp1,916,000	Rp1,020,000	Rp1,450,000	Rp2,299,200	Rp205,000	Rp260,000
12"	Rp1,257,000	Rp1,703,000	Rp3,483,000	Rp1,628,000	Rp2,354,000	Rp4,179,600	Rp351,000	Rp480,000
14"	Rp1,500,000	Rp2,138,000	Rp5,000,000	Rp2,040,000	Rp2,882,000	Rp6,000,000	Rp450,000	Rp560,000
16"	Rp1,770,000	Rp2,820,000	Rp8,000,000	Rp2,420,000	Rp3,945,000	Rp9,600,000	Rp540,000	Rp840,000

Sumber: PT. ABADI METAL UTAMA

DAFTAR HARGA FLANGES						
Size	T	10K STD		T	5K STD	
Inchi		10K STD	10K STD B		5K STD	5K STD B
½	12	Rp19,000	Rp21,000	9	Rp14,000	Rp15,000
¾	14	Rp25,000	Rp27,000	10	Rp17,000	Rp19,000
1	14	Rp36,000	Rp39,000	10	Rp20,000	Rp22,000
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1½	16	Rp48,000	Rp51,500	12	Rp33,500	Rp36,000
2	16	Rp58,000	Rp65,000	14	Rp37,000	Rp43,000
2½	18	Rp77,000	Rp91,000	14	Rp48,000	Rp60,000
3	18	Rp81,000	Rp100,000	14	Rp65,000	Rp81,500
4	18	Rp97,000	Rp132,000	16	Rp80,000	Rp112,500
5	20	Rp145,000	Rp205,000	16	Rp110,000	Rp155,000
6	22	Rp195,000	Rp280,000	18	Rp140,000	Rp218,000
8	22	Rp250,000	Rp385,000	20	Rp198,000	Rp350,000
10	24	Rp395,000	Rp637,500	22	Rp315,000	Rp550,000
12	24	Rp432,000	Rp770,000	22	Rp340,000	Rp675,000
14	26	Rp630,000	Rp1,035,000	24	Rp540,000	Rp950,000
16	28	Rp900,000	Rp1,450,000	24	Rp660,000	Rp1,200,000
18	30	Rp1,185,000	Rp1,925,000	24	Rp865,000	Rp1,500,000
20	30	Rp1,396,000	Rp2,300,000	24	Rp1,025,000	Rp1,750,000
22	32	Rp1,800,000	Rp2,950,000	26	Rp1,300,000	Rp2,275,000
24	32	Rp1,950,000	Rp3,375,000	26	Rp1,410,000	Rp2,630,000

Sumber: PT. ABADI METAL UTAMA

DAFTAR HARGA FITTING STEEL FLANGE RICON / FKK

Serpong, 03 September 2015

No	NAMA BARANG	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
1	Flange FF CS NS 10K	30,600	44,400	55,100	58,200	51,200	62,800	77,100	61,100	101,000	146,900	163,200	253,000	379,500	383,600	468,200	643,200	851,200	967,000	1,443,900
2	Flange FF CS JIS B2220 10K	28,900	56,100	59,700	63,800	66,900	80,600	111,700	112,200	135,200	205,100	272,400	323,900	507,500	584,500	704,900	988,400	1,408,700	1,439,800	1,964,600
3	Flange FF CS JIS B2220 20K	35,600	36,600	56,100	68,900	88,300	101,500	111,700	163,200	210,700	406,000	434,100	541,700	941,500	1,108,800	-	-	-	-	-
4	Flange FF CS JIS B2220 6K	20,400	25,000	30,600	53,100	56,700	61,200	64,300	85,700	102,600	138,800	189,800	271,900	406,000	544,700	668,700	894,100	1,031,800	-	-
5	Flange FF CS NS 5K	19,400	21,500	25,500	44,400	47,500	62,800	66,900	70,400	96,900	130,100	169,400	247,900	332,100	386,100	620,900	830,200	958,100	-	-
6	Flange FF CS JIS B2220 16K	42,900	45,400	48,500	57,700	68,400	73,000	114,800	141,800	193,300	312,700	373,900	481,500	863,500	1,032,300	-	-	-	-	-
7	Blind Flange RF CS B2220 10K	47,000	61,200	64,300	64,700	86,200	93,900	136,200	147,400	193,800	382,500	425,400	769,600	955,800	1,618,300	1,771,300	2,613,800	3,675,100	4,074,400	6,120,000
8	Flange RFCS JIS BS4504 PN10	39,800	43,400	48,500	61,200	63,300	79,600	200,000	117,300	137,200	191,300	258,100	373,900	472,800	520,800	838,000	3,054,200	1,334,700	2,587,700	2,252,700
9	Flange RF CS NS PN10	39,800	39,800	41,700	42,400	56,700	57,700	68,400	69,400	115,800	179,600	238,700	305,500	325,400	424,900	698,700	730,900	994,500	1,297,000	1,606,500
10	Blind Flange RF CS BS4504 PN10	49,000	55,600	57,200	67,300	105,100	135,700	167,800	236,200	354,500	-	416,700	643,700	1,199,100	1,522,400	-	-	-	-	-
11	Flange RF CS BS4504 PN16	40,300	57,700	64,300	79,100	85,200	94,400	116,300	141,800	154,600	214,800	258,100	361,100	515,700	666,100	1,027,200	1,800,000	-	-	-
12	Flange RF CS NS PN16	33,200	54,600	57,700	58,200	59,200	81,600	89,300	98,000	110,000	167,300	205,100	277,500	425,900	503,900	928,200	974,700	1,522,900	2,208,300	3,815,900
13	Blind Flange RF CS BS4504 PN16	50,500	52,100	54,100	82,200	106,100	115,800	168,300	189,800	233,600	323,400	416,700	655,400	1,011,400	1,658,100	1,952,800	2,935,100	-	-	-
14	Blind Flange RF JIS BS2220 20K	53,600	68,900	74,000	95,900	99,000	118,900	172,400	260,700	329,500	559,000	806,400	901,200	1,566,300	2,054,800	-	-	-	-	-
15	Slip ON RF A105 B16,5 150 Psi	41,900	60,200	65,300	101,000	118,900	146,900	197,400	229,500	329,000	385,600	451,900	738,000	1,068,000	2,007,900	2,357,800	2,963,100	3,177,300	4,205,000	6,407,200
16	Slip ON RF A105 B16,5 300 Psi	-	-	-	-	182,100	220,900	290,200	337,700	610,500	793,600	934,900	1,624,900	2,121,600	3,548,600	-	-	-	-	-
17	Slip ON RF A105 B16,5 600 Psi	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000,000	-	2,928,000	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Blind Flange RF A105 B16,5 150 Psi	56,100	59,700	65,300	95,400	113,800	152,500	246,900	263,200	415,200	548,300	668,700	1,178,100	1,676,800	2,519,400	3,624,000	4,651,200	-	-	-
19	Welding Neck RF A105 B16,5 540 150 Psi	87,800	89,300	96,900	-	172,400	223,900	280,500	365,200	459,000	697,700	741,600	1,178,200	1,716,700	3,173,300	4,483,500	5,797,700	-	-	-
20	Welding Neck RF A105 B16,5 580 300 Psi	-	-	-	-	-	302,500	383,100	455,500	733,400	1,353,600	1,591,200	2,476,100	3,338,000	6,018,000	-	-	-	-	-

Keterangan :

1. Harga belum termasuk PPN 10%.
2. Harga sangat tidak mengikat.
3. Harga Netto

Sumber: PT. BUSUR KILAT PERKASA

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

Lampiran E

Hasil Perhitungan Pressure Drop:

Tabel E.1. Hasil Redesain Jalur Pipa *Section* 1

<table>
<tr><th rowspan="2">Komponen</th><th colspan="4">Desain Jalur Distribusi</th></tr>
<tr><th colspan="2">Existing</th><th colspan="2">Redesain</th></tr>
<tr><td rowspan="11">Pipa Outlet Boiler Yoshimine 1 menuju High Pressure Steam Header (HPSH)</td><td colspan="4">Straight Pipe</td></tr>
<tr><td>ΔL</td><td>61928 mm</td><td>ΔL</td><td>53352 mm</td></tr>
<tr><td colspan="4">Valves and Fittings</td></tr>
<tr><td>Ellbow 90°</td><td>8</td><td>Ellbow 90°</td><td>6</td></tr>
<tr><td>Globe Valve</td><td>2</td><td>Globe Valve</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Tee</td><td>1</td><td>Tee</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Entrance Losses</td><td>1</td><td>Entrance Losses</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Exit Losses</td><td>1</td><td>Exit Losses</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Pressure Drop</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.456 kg/cm^2</td><td colspan="2">1.025 kg/cm^2</td></tr>
</table>

Tabel E.2. Hasil Redesain Jalur *Section* 2

Komponen	**Desain Jalur Distribusi**			
	Existing		**Redesain**	
Pipa Outlet Boiler Yoshimine 2 menuju High Pressure Steam Header (HPSH)	*Straight Pipe*			
	ΔL	97565 mm	ΔL	96573 mm
	Valves and Fittings			
	Ellbow 90°	11	Ellbow 90°	7
	Ellbow 45°	2	Ellbow 45°	-
	Globe Valve	2	Globe Valve	2
	Tee	1	Tee	1
	Entrance Losses	1	Entrance Losses	1
	Exit Losses	1	Exit Losses	1
	Pressure Drop			
	2.402 kg/cm^2		1.018 kg/cm^2	

Tabel E.3. Hasil Redesain Jalur *Section* 3

<table>
<tr><th rowspan="2">Komponen</th><th colspan="4">Desain Jalur Distribusi</th></tr>
<tr><th colspan="2">Existing</th><th colspan="2">Redesain</th></tr>
<tr><td rowspan="10">Pipa outlet Boiler Cheng-Chen menuju High Pressure Steam Header (HPSH)</td><td colspan="4">Straight Pipe</td></tr>
<tr><td>ΔL</td><td>75487 mm</td><td>ΔL</td><td>75487 mm</td></tr>
<tr><td colspan="4">Valves and Fittings</td></tr>
<tr><td>Ellbow 90°</td><td>14</td><td>Ellbow 90°</td><td>14</td></tr>
<tr><td>Ellbow 45°</td><td>2</td><td>Ellbow 45°</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Globe Valve</td><td>6</td><td>Globe Valve</td><td>6</td></tr>
<tr><td>Entrance Losses</td><td>1</td><td>Entrance Losses</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Exit Losses</td><td>1</td><td>Exit Losses</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Pressure Drop</td></tr>
<tr><td colspan="2">1.502 kg/cm^2</td><td colspan="2">0.804 kg/cm^2</td></tr>
</table>

Tabel E.4. Hasil Redesain Jalur *Section* 4

<table>
<tr><th rowspan="2">Komponen</th><th colspan="4">Desain Jalur Distribusi</th></tr>
<tr><th colspan="2">Existing</th><th colspan="2">Redesain</th></tr>
<tr><td rowspan="10">Pipa outlet High Pressure Steam Header (HPSH) menuju Turbin Shinko [Diameter pipa 12 inchi]</td><td colspan="4">Straight Pipe</td></tr>
<tr><td>ΔL</td><td>4085 mm</td><td>ΔL</td><td>4085 mm</td></tr>
<tr><td colspan="4">Valves and Fittings</td></tr>
<tr><td>Ellbow 90°</td><td>3</td><td>Ellbow 90°</td><td>3</td></tr>
<tr><td>Globe Valve</td><td>1</td><td>Globe Valve</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Reducer</td><td>1</td><td>Reducer</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Exit Looses</td><td>1</td><td>Exit Looses</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Pressure Drop</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.494 kg/cm^2</td><td colspan="2">0.417 kg/cm^2</td></tr>
</table>

Tabel E.5. Hasil Redesain Jalur *Section* 4

<table>
<tr><th rowspan="2">Komponen</th><th colspan="4">Desain Jalur Distribusi</th></tr>
<tr><th colspan="2">Existing</th><th colspan="2">Redesain</th></tr>
<tr><td rowspan="8">Pipa outlet High Pressure Steam Header (HPSH) menuju Turbin Shinko [Diameter pipa 14 inchi]</td><td colspan="4">Straight Pipe</td></tr>
<tr><td>ΔL</td><td>21509 mm</td><td>ΔL</td><td>19933 mm</td></tr>
<tr><td colspan="4">Valves and Fittings</td></tr>
<tr><td>Ellbow 90°</td><td>4</td><td>Ellbow 90°</td><td>3</td></tr>
<tr><td>Globe Valve</td><td>1</td><td>Globe Valve</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Entrance Losses</td><td>1</td><td>Entrance Losses</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Pressure Drop</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.407 kg/cm^2</td><td colspan="2">0.331 kg/cm^2</td></tr>
</table>

Tabel E.6. Hasil Redesain Jalur *Section* 5

<table>
<tr><th rowspan="2">Komponen</th><th colspan="4">Desain Jalur Distribusi</th></tr>
<tr><th colspan="2">Existing</th><th colspan="2">Redesain</th></tr>
<tr><td rowspan="9">Pipa outlet High Pressure Steam Header (HPSH) menuju Turbin SNM [Diameter pipa 12 inchi]</td><td colspan="4">Straight Pipe</td></tr>
<tr><td>ΔL</td><td>9400 mm</td><td>ΔL</td><td>7315 mm</td></tr>
<tr><td colspan="4">Valves and Fittings</td></tr>
<tr><td>Ellbow 90°</td><td>5</td><td>Ellbow 90°</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Globe Valve</td><td>1</td><td>Globe Valve</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Reducer</td><td>1</td><td>Reducer</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Exit Looses</td><td>1</td><td>Exit Looses</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Pressure Drop</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.686 kg/cm^2</td><td colspan="2">0.460 kg/cm^2</td></tr>
</table>

Tabel E.7. Hasil Redesain Jalur *Section* 5

Komponen	**Desain Jalur Distribusi**			
	Existing		**Redesain**	
Pipa outlet High Pressure Steam Header (HPSH) menuju Turbin SNM [Diameter pipa 14 inchi]	*Straight Pipe*			
	ΔL	27712 mm	ΔL	25136 mm
	Valves and Fittings			
	Ellbow 90°	3	Ellbow 90°	2
	Globe Valve	1	Globe Valve	1
	Entrance Losses	1	Entrance Losses	1
	Pressure Drop			
	0.463 kg/cm^2		0.394 kg/cm^2	

Tabel E.8 Hasil Perhitungan Heat Loss:

Jalur pipa	Temperature (K)		Thermal Conductivities (W/m K)			Heat Transfer Coefficient		Thermal Resistance (K/W)
	Steam	Ambient	Steam	Carbon Steel	Mineral Wool	h_1 (Steam)	h_2 (Ambient)	
Section 1	623.15	303.15	0.05144	42.47	0.0830	600.503	0.169	0.0866
Section 2	621.15	303.15	0.05124	42.54	0.0825	578.039	0.169	0.0479
Section 3	622.15	303.15	0.05134	51	0.0827	404.863	0.196	0.0750

Lanjutan Tabel E.8 Hasil Perhitungan Heat Loss:

Jalur pipa		Temperature (K)		Thermal Conductivities (W/m K)			Heat Transfer Coefficient		Thermal Resistance (K/W)
		Steam	Ambient	Steam	Carbon Steel	Mineral Wool	h_1 (Steam)	h_2 (Ambient)	
Section 4	14”	621.376	303.15	0.05110	42.530	0.0830	502.176	0.169	0.2304
	12”	621.164	303.15	0.05104	42.539	0.0825	594.693	0.178	1.1511
Section 5	14”	621.376	303.15	0.05100	42.530	0.0827	523.953	0.169	0.1827
	12”	621.123	303.15	0.05103	42.541	0.0827	620.341	0.178	0.6428

Lanjutan Tabel E.8 Hasil Perhitungan Heat Loss:

Jalur pipa	Temperature Inlet HPSH		Heat Loss	
	K	°C	W	W/m
Section 1	622.69	349.54	3693.971	69.237
Section 2	620.28	347.13	6641.295	68.769
Section 3	620.3489	347.199	4864.218	64.437

Lanjutan Tabel E.8 Hasil Perhitungan Heat Loss:

Jalur pipa		Temperature Inlet Turbin		Heat Loss	
		K	°C	W	W/m
HPSH to Turbin Shinko	14”	621.164	348.014	1381.459	69.305
	12”	621.121	347.971	276.261	67.628
HPSH to Turbin SNM	14”	621.123	347.973	1742.086	69.306
	12”	621.051	347.901	494.638	67.619

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Perhitungan dan analisa yang dilakukan pada bab sebelumnya, diperoleh beberapa data yang dapat disimpulkan untuk mengetahui hasil akhir dari sebuah penelitian. Pada bab ini terdapat beberapa kesimpulan terkait hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan. Berikut kesimpulan dari hasil perhitungan dan analisa tersebut:

1. Proses redesain pada jalur existing mampu mengurangi *pressure drop* dan *heat loss* pada jalur distribusi. Hal tersebut dilakukan dengan memperpendek jalur pendistribusian uap dari keluaran boiler menuju turbin. Penggantian material pipa pada jalur *section* 1, 2 dan jalur section 3 dilakukan untuk mengurangi *pressure drop* yang terjadi. Hal itu dikarenakan pada jalur tersebut ditemukan banyak pipa yang sudah terkorosi dan dipastikan banyak endapan yang terjadi di dalam pipa akibat proses distribusi terkait umur pipa yang digunakan.
2. Hasil analisa dari perhitungan *pressure drop* pada jalur existing maupun jalur redesain, membuktikan bahwa jalur redesain lebih efektif dengan rata-rata penurunan pressure *drop* sebesar 1.53 kg/cm^2. Sehingga tekanan masuk rata-rata pada turbin meningkat 8.8% dibanding jalur existing. Nilai *pressure drop* pada sistem perpipaan distribusi uap di PG. Gempolkrep Mojokerto dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, kekasaran material di dalam pipa, dan panjang pipa maupun jumlah fitting pipa yang digunakan.

3. Penggantian material isolasi sangat berpengaruh pada *heat loss* dan temperature masuk turbin. Temperature rata-rata masuk turbin pada desain *existing* adalah 325 °C. Sedangkan pada jalur redesain temperature rata-rata masuk turbin adalah 347.935 °C. Temperatur rata-rata masuk turbin meningkat 22.935 °C, dengan prosentase kenaikan 7.05%. Nilai tersebut membuktikan bahwa isolasi pada jalur redesain lebih efektif dibanding jalur *existing*. Penyebab utama terjadinya *heat loss* pada jalur sistem perpipaan distribusi uap di PG. Gempolkrep Mojokerto adalah rusaknya sistem isolasi pada jalur section 1, 2 dan jalur section 3.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah sebagi berikut:

1. Analisa tegangan pada penelitian berikutnya perlu dilakukan, karena analisa tegangan pada penelitian ini diabaikan.
2. Dilakukan pemilihan material isolasi yang mempunyai nilai konduktivitas thermal lebih kecil dari mineral wool.
3. Analisa dilakukan dengan menggunakan software pada penelitian selanjutnya, misalnya software ANSYS – Steady State Thermal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anonim. 2016. www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html. Diakses pada tanggal 26 April 2016.

[2] Anonim. 2016. www.netrium.net/fluid_flow/absolute-roughness/. Diakses pada tanggal 27 Maret 2016.

[3] Anonim. 2016. www.netrium.net/fluid_flow/pressure-loss-from-pipe-entrance-and-exits/. Diakses pada tanggal 27 Maret 2016.

[4] Anonim. 2016. www.peacesoftware.de/einigewerte/wasser_dampf_e.html. Diakses pada tanggal 21 Maret 2016.

[5] Anonim. 2016. www.thermodynamik.hszg.de/fpc/index.php. Diakses pada tanggal 11 Mei 2016.

[6] ASME B16.10. 2010. Face-to-Face and End-to-End Dimensions of Valves

[7] ASME B31.1. 2001. Power Piping

[8] ASME B31.3. 2008. Process Piping

[9] ASME B36.10. Pipe Size

[10] ASME Section II Part D Properties (Metric). 2010. ASME Boiler and Pressure Vessel Code

[11] Cengel. Y. A. 2002. "*Heat Transfer Second Edition*"

[12] Cengel. Y. A., Cimbala J. M. 2006 "*Fluid Mechanics Fundamental and* Applications", New York: McGraw-Hill.

[13] Geankoplis, C.J. 1993. "*Transport Processes and Unit Operation (3rd ed)*", New Jersey: Prentice Hall International. Inc.

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS

Denny Akbar Nurhadyansyah lahir di Kabupaten Banyuwangi. Memulai pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 1999 di SD Negeri 4 Yosomulyo, pada tahun 2005 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Genteng sampai tahun 2008, di tahun 2008 melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 1 Genteng, pada tahun 2011 penulis diterima untuk melanjutkan pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya jurusan D-3 Teknik Permesinan Kapal. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Email : dennyakbarnh@gmail.com